



**ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ВА ЎРТА МАХСУС ТАЪЛИМ ВАЗИРЛИГИ**

НАМАНГАН МУҲАНДИСЛИК-ПЕДАГОГИКА ИНСТИТУТИ

**ТЕХНОЛОГИК МАШИНАЛАР ВА ЖИҲОЗЛАР
кафедраси**

**5320300-ТМЖ таълим йўналишидаги диплом лойиҳаси
ишининг мавзуси:**

ТАРЕЛКАЛИ РЕКТИФИКАЦИЯ ҚУРИЛМАСИНИ ЛОЙИҲАЛАШ

13-ТМЖ-11

**Битирувчи 13-ТМЖ-11
гуруҳ талабаси**

Абдуллаев Ойбек Хошимжонович

**Диплом лойиҳа
иши раҳбари:**

доц. Б. Отаханов

Наманган-2015

АННОТАЦИЯ

Диплом лойиҳасида этил спиртини ректификацион усулларда таркибий органик бирикмалардан тозалаш, технологик жараёнларнинг оптимал иш режимларини аниқлаш, ректификация ускуналари конструкциясини такомиллаштириш ва энергетик ресурслар сарфини камайтириш борасидаги муаммоларнинг ечимларини топиш масалалари ечилган бўлиб, этил спиртини ректификация қилувчи қурилмаларни такомиллаштириш жараёнида таҳлиллар асосида насадкали ректификация қурилмалари вино пунктлари шароитида тарелкали колонналарга нисбатан самаралироқ қўлланилиши мумкинлиги аниқланган. Шу сабабдан, кўп ҳолатларда абсорберлар сифатида қўлланиладиган насадкали аппаратларни этил спиртини ректификация қилувчи қурилма сифатида қўллаш, унинг конструкциясини такомиллаштириш асосида мослаштириш масалалари кўриб чиқилди.

КИРИШ

1. УМУМИЙ ҚИСМ

- 1.1. Хайдаш ва ректификация тушунчаси.
- 1.2. Ҳайдаш жараёнининг назарий асослари
- 1.3. Ректификация ускуналарининг схемаси

2. ТЕХНОЛОГИК ҚИСМ

- 2.1. Хайдаш колоннасининг ҳисоби
- 2.2. Ректификация жараёнининг моддий баланси
баланси ҳисоби.
- 2.3. Ректификация колоннасининг иссиқлик баланси
- 2.4. Колоннанинг моддий баланси ва ишчи флегма сони ҳисоби

3. Иқтисодий қисм

- 4. Меҳнат муҳофазаси
- 5. Атроф-муҳит муҳофазаси

АСОСИЙ ХУЛОСАЛАР

Фойдаланилган адабиётлар ва интернет сайтлари рўйхати.
Иловалар

Кириш

Республикаимиз иқтисодиётни интенсив суръатлар билан ривожланиб бориши кўп жиҳатдан фан, техника ва технология соҳаларида эришилган ютуқларни ишлаб чиқаришга тезкор жорий этишга боғлиқ бўлади. Шундан келиб чиқиб, озиқ-овқат саноати корхоналари ҳам бугунги кунда янги техника ва технологиялар асосида тез ривожланиб бормоқда. Замонавий технологик линиялар ва жиҳозлар билан таъминланган корхоналарда, хусусан алкоғолли маҳсулотлар ишлаб чиқариш корхоналарда, аҳоли эҳтиёжи ва саноат тармоқлари учун кўплаб турдаги маҳсулотлар тайёрланади. Бу тармоқ технологиясининг асосини ректификация жараёнлари ташкил этади. Ушбу жараёнларнинг қўлланилиш соҳаси кенглиги алоҳида амалий аҳамиятга эга.

Маълумки, кенг ассортиментдаги ароқ, вино ва ликёрлар тайёрлашда этил спирти асосий компонент ҳисобланади. Этил спирти узумни бирламчи қайта ишлаш корхоналарида узум ва мева винолари тайёрлаш ёки асосий хом-ашё ҳисобланувчи шарбатларни технологик бузилишлардан сақлаш мақсадида ҳам кенг ишлатилади. Этил спирти медицина, фармацевтика, парфюмерия ва саноатнинг бошқа тармоқларида ҳам кўп миқдорларда ишлатилади.

Спирт технологиясида дастлаб таркибида крахмал ёки қанд моддалари тутган хом-ашёларни сахаромицетлар оиласига мансуб бўлган ачитқилар ёрдамида бижғитилиб бражка тайёрланади, сўнгра уни кўп маротаба ҳайдаш натижасида этил спирти ҳосил қилинди.

Тозаланганлик даражасига кўра ректификацияланган спиртнинг тўртта нави мавжуд: 1 нав (спиртни ҳажмий улуши 96,0%), олий даражада тозаланган (96,2%), “Люкс” (96,3%) ва “Экстра” (96,5%). Ректификация услубида тозаланган этил спирти (спирт-ректификат) таркибида сувдан ташқари микроиқдорларда турли ҳилдаги аралашмалар (альдегидлар, эфирлар, юқори спиртлар ва бошқа кимёвий бирикмалар) ҳам бўлади. Бу моддалар, қайта ишланадиган хом-ашё турига кўра, спиртнинг ўзига хос бўлган таъми ва ҳидини шакллантиради. Келгусида спирт хом-ашёсини (дистиллятни) тарелкали ректификация ускуналарида ҳайдаш натижасида истеъмол учун яроқли бўлган тозаланган этил спирти олинади.

Ректификация ускуналари спирт ишлаб чиқариш тизими таркибига кирувчи асосий жиҳозлар ҳисобланади. Шу сабабдан, дистиллят таркибидан органик бирикмаларни тўлароқ ажратиб олиш асосида тайёрланадиган спиртнинг тозаланганлик даражасини орттириш ва сифатини яхшилаш мақсадида ректификация ускуналари конструкциясини такомиллаштириш, уларнинг оптимал иш режимларини аниқлаш ва сув буғи сарфини камайтириш борасидаги муаммолар ечимини топиш долзарб масалалардан ҳисобланади.

Даврий ишловчи бундай ускунани такомиллаштириш ва уни вино пунктларига жорий этиш натижасида корхоналарни ўз материаллари ҳисобидан этил спиртига бўлган эҳтиёжини қондириш мумкин бўлади.

I. Умумий қисм

1.1. Хайдаш ва Ректификация тушунчаси.

Икки ёки ундан ортиқ компонентлардан ташкил топган бир жинсли суюқлик аралашмаларини ажратиш учун хайдаш (дистилляция ва ректификация) усули қўлланилади. Агар суюқлик енгил учувчан (қайнаш ҳарорати паст) ва қийин учувчи (амалий жиҳатдан учмайдиган) компонентлардан ташкил топган бўлса, у ҳолда эритмани буғлатиш йўли билан таркибий компонентларга ажратилади.

Суюқликларни хайдаш йўли билан ажратиш усули аралашма компонентларининг бир хил ҳароратда турлича учувчанликка эга бўлишига асосланган. Шу сабабдан хайдаш жараёнида аралашма таркибидаги барча компонентлар, ўзларининг учувчанлик хусусиятларига пропорционал равишда, буғ ҳолатига ўтади.

Енгил ва қийин учувчи компонентли бинар аралашмани хайдаш пайтида ҳосил бўладиган буғ таркиби нисбатан кўп миқдордаги енгил учувчан компонентдан иборат бўлади. Хайдаш жараёнида суюқ фаза таркибида енгил учувчан компонент камайиб боради, буғ фазасида эса унинг миқдори ортиб боради. Буғланмай қолган суюқлик таркиби асосан қийин учувчи ёки юқори ҳароратда қайнайдиган компонентдан иборат бўлади.

Хайдаш жараёнида ажралиб чиққан иккиламчи буғ келгусида конденсацияланади. Ҳосил бўлган конденсатни дистиллят ёки ректификат деб аталади. Буғланмай қолган суюқлик қолдиқ деб юритилади.

Буғ фазаси таркибини енгил учувчан компонент билан бойиш даражаси асосан хайдаш усулига боғлиқ. Шунга кўра, суюқликларни хайдашнинг иккита принципиал усули мавжуд: 1) оддий хайдаш (дистилляция); 2) мураккаб хайдаш (ректификация).

Аралашма компонентларининг учувчанлиги ўртасидаги фарқ катта бўлса, уларни ажратиш учун оддий хайдаш усулидан фойдаланилади. Оддий хайдаш пайтида суюқлик бир маротаба қисман буғлатилади. Одатда бу усул суюқ аралашмаларни бирламчи ажратиш ёки мураккаб аралашмаларни кераксиз қўшимчалардан тозалаш учун ишлатилади.

Суюқлик аралашмаларини таркибий компонентларга тўлиқ ажратиш учун ректификация усулидан фойдаланилади. Ректификация жараёнида буғлатилаётган аралашмадан ажралиб чиққан иккиламчи буғ ва унинг конденсацияланиши натижасида ҳосил бўлган суюқлик ўртасида кўп маротабалик узлуксиз контакт юз беради. Бу пайтда фазалар ўртасида модда алмашинуви кузатилади. Суюқ фазадаги енгил учувчан компонент буғ таркибига ўтади, буғ фазасидаги учувчан компонент эса суюқликка ўтади.

Ректификация колоннасининг юқори қисмидан чиқаётган буғ асосан енгил учувчан компонентдан иборат бўлиб, у дефлегматорда конденсациялангандан сўнг икки қисмга ажратилади. Конденсатнинг бир қисми дистиллят ёки ректификат деб аталади ва уни тегишли сиғимларга узатилади. Конденсатнинг иккинчи қисми эса колоннанинг юқори қисмига қайтарилади ва у флегма деб юритилади. Ректификация колоннасининг бу қисмида флегма

пастдан юқорига кўтарилаётган буғ билан қайта учрашади ва уни енгил учувчан компонент билан янада кўпроқ бойитади. Колоннанинг тубидан, асосан, қийин учувчан компонентдан ташкил топган қолдиқ узлуксиз равишда чиқариб турилади.

Ректификация жараёни этил спирти ишлаб чиқариш технологиясида кенг қўлланилади.

Аралашма компонентларининг қайнаш температуралари бир-бирига яқин бўлса, бундай аралашмаларни ажратиш анча қийин бўлади. Бундай ҳолларда ҳайдашнинг махсус усуллари - экстрактив ректификация, азеотроп ректификация, молекуляр дистилляция ва паст ҳароратли ректификация жараёнларидан фойдаланилади.

1.2. Ҳайдаш жараёнининг назарий асослари

Саноат амалиётида ҳайдаш услуби билан икки ва ундан ортиқ компонентли аралашмалар ажратилади. Ҳайдаш жараёнини ҳисоблаш учун мувозанатда бўлган суюқлик ва буғ фазаларининг таркибини билиш зарур. Суюқлик ва буғ фазаларидан иборат икки компонентли аралашманинг эркинлик даражаси сони C , фазалар қоидасига (2-15) асосан:

$$C = K - \Phi + 2 = 2 - 2 + 2 = 2,$$

бу ерда $\Phi=2$ - фазалар сони (буғ ва суюқлик); $K=2$ - компонентлар сони (масалан, спирт ва сув).

Ушбу системанинг ҳолати буғ фазасининг босими, суюқликнинг ҳарорати ва концентрацияси билан тавсифланади. Демак, жараённи бошқариш учун система ҳолатини белгиловчи учта катталиқдан исталган иккитасини танлаш мумкин. Мисол учун, ҳайдаш аппаратидаги ишчи босимнинг ўзгармас қийматида спирт концентрацияси ва жараён ҳарорати орасидаги боғлиқликка эга бўламиз. Бу пайтда ҳароратни бошқариш туфайли аппаратдан чиқаётган спирт концентрациясининг талаб этиладиган даражадаги қийматларига эришиш мумкин.

Жараён назариясини ўрганиш учун икки компонентли (бинар) аралашманинг ҳайдаш йўли билан ажратишни кўриб чиқамиз. Бинар аралашма енгил ва қийин учувчан компонентлардан иборат бўлади.

Бинар суюқлик аралашмалари ўзларининг физик-кимёвий хоссаларига кўра бир-биридан фарқ қилади. Бинар суюқликлар классификациясини Д.П. Коновалов ишлаб чиққан. Аралашма компонентларининг бир-бирида эриш даражасига кўра компонентлари бир-бирида эримайдиган (ёки жуда оз миқдорда эрийдиган), қисман эрийдиган ҳамда тўла ва исталган нисбатларда эрийдиган бинар аралашмалар мавжуд.

Идеал аралашмаларнинг хоссалари Раул қонуни билан ифодаланади. Бу қонунга кўра, суюқлик юзасидаги компонент буғининг парциал босими унинг суюқликдаги моль улушига тўғри мутаносибликда бўлади:

$$p_a = P_a x; \quad p_b = P_b(1 - x), \quad (1)$$

бу ерда p_a ва p_b - А ва В компонентларнинг парциал босимлари; x ва $(1-x)$ - А ва В компонентларнинг суюқликдаги моль улушлари; P_a ва P_b - тоза

компонентларни тўйинган буғларининг босимлари.

Дальтон қонунига биноан, системадаги умумий босим парциал босимлар йиғиндисига тенг бўлади:

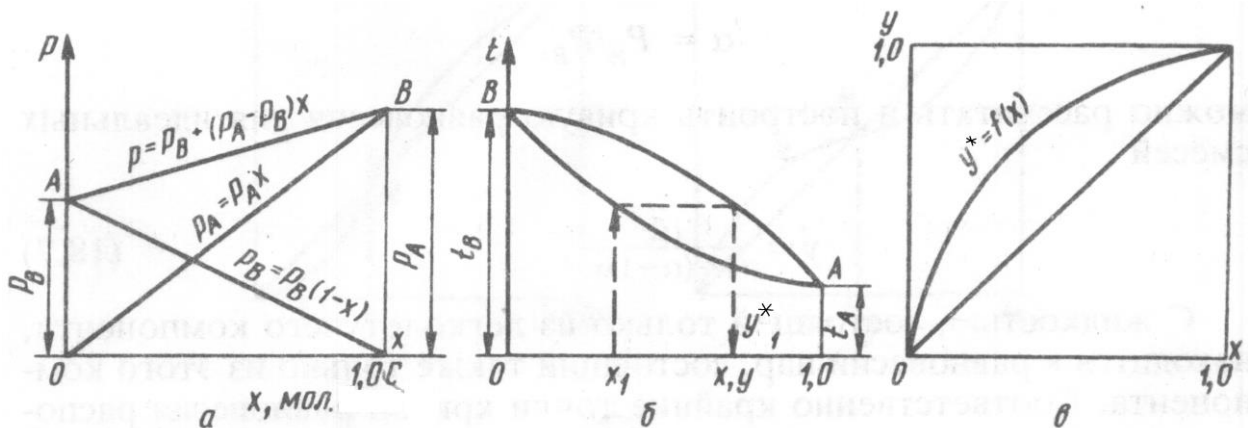
$$P = p_a + p_b = P_a x + P_b (1-x) = P_b + (P_a - P_b)x, \quad (2)$$

(2) тенгламадан А компонентнинг суюқликдаги моль улуши

$$x = (P - P_b) / (P_a - P_b), \quad (3)$$

Юқоридаги (1) ва (2) тенгламалардан кўринадик, ўзгармас ишчи ҳароратда компонентларнинг парциал босимлари ва суюқлик юзасидаги буғларнинг умумий босими енгил учувчан компонентнинг суюқликдаги моль улушидан чизикли боғланишда бўлади.

2-расмнинг а-схемасида идеал аралашма компонентларининг



2-расм. Идеал аралашмалар учун суюқлик-буғ системасининг мувозанат диаграммалари: а- компонентларнинг парциал босимлари ва аралашма юзасидаги умумий босим изотермалари; б- t-x,y диаграмма; в- y-x диаграмма.

парциал босими ва суюқлик юзасидаги умумий босим изотермалари тасвирланган.

Ушбу диаграммадаги ОВ ва СА тўғри чизиклар А ва В компонентларнинг парциал босимларини (p_a , p_b), АВ тўғри чизик эса аралашма юзасидаги умумий босимнинг ўзгаришини ифодалайди. ОА ва СВ вертикал кесмалар тоза компонентларнинг тўйинган буғ босимларини (P_a , P_b) белгилайди.

Дальтон қонунига кўра, буғ таркибидаги компонентнинг парциал босими ушбу компонентнинг буғ таркибидаги моль улушига мутаносибдир:

$$p_a = P \cdot y; \quad p_b = P(1-y), \quad (4)$$

бу ерда P- системадаги умумий босим; y ва (1-y)- А ва В компонентларнинг буғ фазасидаги моль улушлари.

Системанинг мувозанат ҳолати учун

$$P_a \cdot x = P \cdot y; \quad P_b(1-x) = P(1-y). \quad (5)$$

(5) тенгламадан енгил учувчан модданинг буғ фазасидаги моль улуши

$$y = (P_a/P)x \quad \text{ёки} \quad 1-y = (P_b/P)(1-x). \quad (6)$$

Оддий ҳайдаш ва ректификация жараёнлари изобарик шароитларда ўтказилади. Шунинг учун бинар аралашманинг $P = \text{const.}$ бўлгандаги хусусиятларини кўриб чиқамиз. Ушбу ҳолатда мувозанат чизикларини t-x,y ва y-x диаграммада акс эттириш мумкин.

Ҳарорат қийматига кўра x ва y қийматларини ҳисоблаб, системанинг мувозанат диаграммасини куриш мумкин (29.2-расмнинг б-схемаси). Ушбу диаграммадаги қуйи чизик суюқлик аралашмасининг қайнаш ҳароратини, ундаги юқори чизик эса буғ аралашмасининг конденсацияланиш ҳароратини белгилайди. $x=0$ ва $x=1.0$ бўлганда ордината ўқлари бўйича белгиланган кесмалар (В ва А нуқталар ҳолати) қийин ва енгил учувчан моддаларнинг қайнаш ҳароратларини t_b ва t_a белгилайди.

Агар суюқлик концентрацияси x_1 берилган бўлса, унинг абцисса ўқидаги қиймати бўйича вертикал чизик ўтказилади. Ушбу чизикни **t - x , y** диаграмманинг қуйи чизиги билан туташув нуқтаси суюқликнинг қайнаш ҳароратини белгилайди. Келгусида ушбу туташув нуқтасидан то буғнинг конденсацияланиш чизиги билан кесишгунча горизонтал чизик тортилади. Ушбу чизикларнинг туташув нуқтаси буғнинг конденсацияланиш ҳароратини белгилайди. Мазкур ҳарорат қиймати бўйича абцисса ўқидан буғнинг мувозанат таркиби y^*_1 аниқланади.

Бинар системаларнинг мувозанат ҳолатдаги фазалари таркиби Д.П.Коновалов томонидан ўрганилган.

Коноваловнинг биринчи қонунига асосан ўзгармас қайнаш ҳароратида енгил учувчан компонентнинг буғ таркибидаги концентрацияси унинг буғ билан мувозанатда бўлган суюқликдаги концентрациясидан ҳар доим юқори бўлади. Демак аралашманинг мувозанат чизиги диагонални юқори қисмидан ўтади (бу ҳолат 2-расмнинг в- схемасидан кўриниб турибди).

Коноваловнинг биринчи қонунига биноан “эритмага кўшилган компонент суюқлик билан мувозанатда бўлган буғ таркибини бойитиб, унинг босимини орттиради ёки суюқликнинг қайнаш ҳароратини пасайтиради”. Масалан, ректификация колоннасининг энг юқори тарелкасида қайнаётган сув-этил спирти аралашмасининг конденсатига (суюқ фазага) спирт флегма шаклида кўшилса, аралашманинг қайнаш ҳарорати пасаяди ва буғ фазасининг спирт буғлари билан бойиш даражаси ортади.

Буғ босимининг эгри чизиги максимум ёки минимумга эга бўлган эритмалар учун суюқлик фазасининг шундай таркиби маълумки, бундай шароитда ажралиб чиқаётган буғларнинг таркиби суюқлик фазасининг таркиби билан бир хил бўлиб қолади. Бундай аралашма азеотроп (алоҳида қайнатиладиган) аралашма деб аталади.

Коноваловнинг иккинчи қонуни азеотроп аралашма таркибини аниқлашга ёрдам беради: “Аралашманинг буғ босими (ёки қайнаш ҳарорати) экстремумларида суюқлик ва буғ фазаларининг таркиблари бир хил бўлиб қолади”.

Этил спирти-сув системаси азеотроп аралашмаларга мисол бўла олади. Нормал босимда суюқлик фазасидаги спиртнинг 95,57 массавий фоизига буғ таркибидаги спиртнинг 95,57 массавий фоизи тўғри келади. Бу нормал босимдаги спирт ва сувнинг азеотроп аралашмаси бўлади.

Бинар эритмаларнинг мувозанат эгри чизиклари тажриба йўли билан курилади. 3-расмда этил спирти-сув системасининг мувозанат эгри чизиги тасвирланган. Вертикал ўқда енгил учувчан компонент - спиртнинг буғ

таркибидаги концентрацияси (y), горизонтал ўқда эса унинг суюқлик фазасидаги концентрацияси (x) берилган.



3-расм. Этил спирти-сув аράлашмасининг мувозанат эгри чизиғи.

Коноваловнинг биринчи қонунига асосан аράлашманинг мувозанат чизиғи диагональнинг юқори қисмидан ўтади (бу ҳолат графикдан кўриниб турибди). Демак, бу таркибидаги спирт концентрацияси суюқликдагига нисбатан юқори бўлади.

Коноваловнинг иккинчи қонунига асосан системанинг мувозанат чизиғи диагональни азеотроп аράлашманинг таркибига мос келган нуқтада кеседи. Демак, ушбу нуқта нормал босимда азеотроп аράлашманинг минимал қайнаш ҳарорати 78.15°C эканлигини кўрсатади.

Босимнинг ўзгариши билан система мувозанатининг ўзгариши юз беради, натижада бу фазасининг мувозанат таркиби ўзгаради. Бу ўзгаришнинг моҳиятини аниқлаш учун М.С. Вревский томонидан иккита қонун таклиф этилган:

1. Бинар аράлашманинг қайнаш ҳарорати (ёки босими) оширилса, суюқлик сатҳи юзасидаги буғларнинг таркибида буғланиши учун катта энергия талаб этиладиган компонентнинг нисбий миқдори ортади.

2. Буғининг учувчанлиги максимумга эга бўлган эритмаларнинг ҳарорати (ёки босими) кўтарилганда азеотроп аράлашмаларда буғланиши учун катта энергия сарфини талаб этувчи компонентнинг нисбий миқдори ортади. Буғининг учувчанлиги минимумга эга бўлган эритмаларнинг қайнаш ҳарорати оширилганда эса азеотроп аράлашмада буғланиши учун кам энергия талаб этувчи компонентнинг нисбий миқдори кўпаяди.

Вревский қонунига кўра, этил спирти-сув аράлашмаси учун суюқликдаги спиртнинг концентрацияси кам бўлганда (21% моль гача) системадаги босимнинг камайиши билан бу таркибидаги сув миқдори ортади; спиртнинг суюқликдаги концентрацияси юқори бўлганда (21% моль дан катта) босимнинг камайиши билан бу таркибидаги спирт миқдори ортади.

Азеотроп аράлашмаларда эса системадаги босимнинг пасайиши билан улардаги спирт миқдори кўпаяди. Босимнинг муайян минимал қийматида

азеотроп нукта йўқолиб кетади ва ҳайдаш жараёнида сувсиз спирт олиш мумкин бўлади.

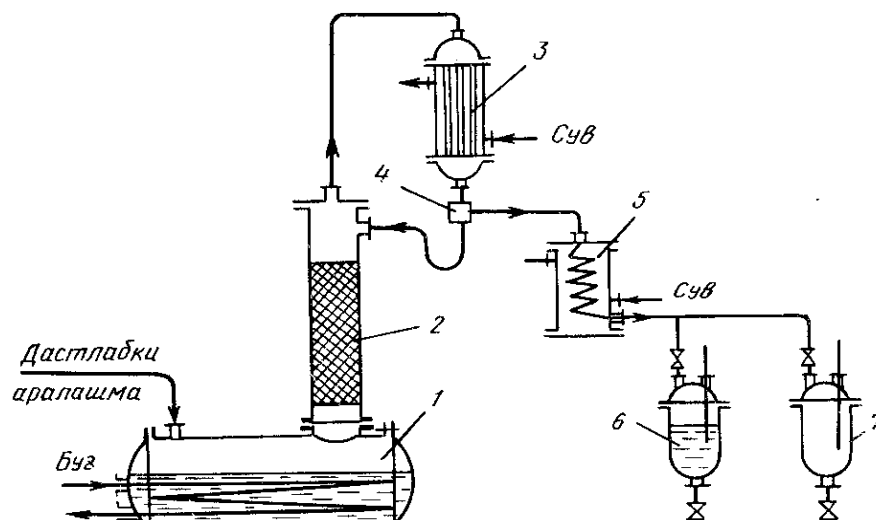
1.3. Ректификация ускуналарининг схемаси

Даврий режимда ишловчи ректификация ускуналари кичик ишлаб чиқариш объектларида (масалан, вино пунктларида) қўлланилади (4-расм).

Ҳайдаш кубига 1 юкланган дастлабки аралашма аппарат ичига ўрнатилган змеевик воситасида, сув буғи ёрдамида, қайнаш ҳароратигача қиздирилади. Қайнаш жараёнида ҳосил бўлган буғлар ректификация колоннаси 2 тубидаги охириги тарелканинг пастки қисмига ўтади. Буғ колонна бўйлаб юқорига кўтарилган сари енгил учувчан компонент билан тўйиниб боради. Дефлегматорда 3 конденсатланган дистиллятнинг бир қисми (флегма) колоннага қайтарилади. Флегма колоннанинг энг юқорисида жойлашган биринчи тарелкага берилади ва у келгусида тарелкадан тарелкага қуйилиб, қуйига томон ҳаракатланади. Бу пайтда суюқлик фазаси ўз таркибидаги енгил учувчан компонентни буғ фазасига беради.

Буғ ва суюқлик фазаларининг кўп маротабалик контакти натижасида буғ фазаси юқорига кўтарилган сари енгил учувчан компонент билан тўйиниб боради, пастга томон ҳаракат қилаётган суюқлик таркибида эса қийин учувчан компонентнинг миқдори ошиб боради.

Колоннанинг юқори қисмидан енгил учувчан компонентга бой буғлар дифлегматорга ўтади ва у ерда тўла ёки қисман конденсацияга учрайди. Конденсацияланиш жараёнида ҳосил бўлган суюқлик ажраткич 4 ёрдамида икки қисмга, дистиллят ва флегмага ажратилади. Охириги маҳсулот - дистиллят совиткичда 5 совитилгандан сўнг, 6 ва 7 йиғувчи идишларга юборилади.



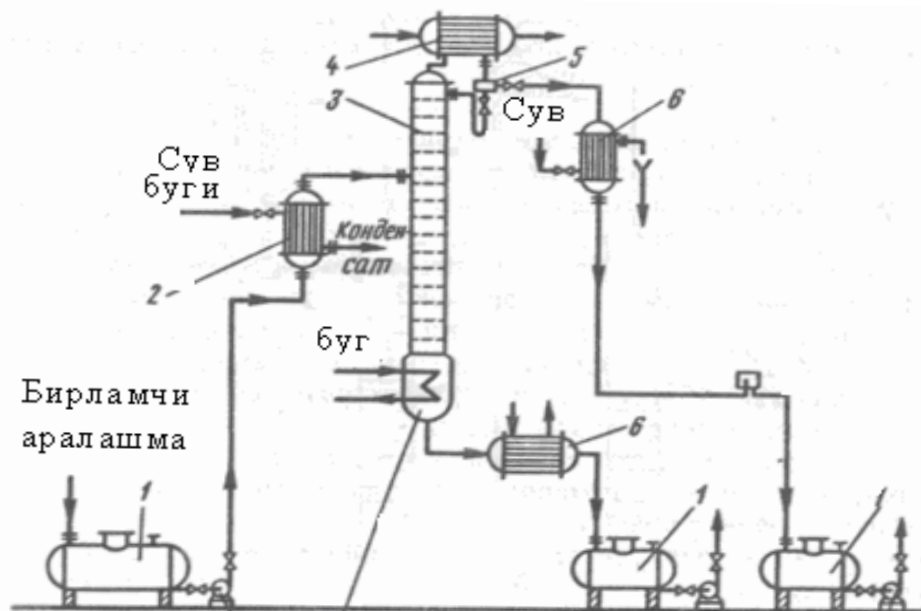
4-расм. Даврий ишловчи ректификация ускунасининг схемаси: 1- ҳайдаш куб; 2- ректификация колоннаси; 3- дефлегматор; 4- флегма ажраткич; 5- конденсатор-совуткич; 6,7- дистиллят йиғиладиган идишлар.

Кубдаги қолдиқ суюқлик таркибини қайнаш ҳарорати бўйича текшириб борилади. Агар текшириш пайтида суюқликдаги енгил учувчан компонент миқдори белгиланган минимал қийматга эга бўлса, жараён тўхтатилади ва қолдиқ туширилади. Шундан сўнг иш цикли қайтадан бошланади.

Узлуксиз режимда ишлайдиган ректификацион ускуналар саноат корхоналарида кенг миқёсда ишлатилади. 5-расмда бундай ускуналардан бирининг принципиал схемаси келтирилган. Ускуна таркибидаги асосий аппарат вертикал цилиндр шаклида ишланган ректификация колоннасиدير. Колоннанинг ичига тарелкалар ёки насадкалар жойлаштирилган бўлади.

Спиртли аралашма иситгичда 2 қайнаш ҳароратигача қиздирилади ва колоннанинг 3 таъминловчи тарелкасига узатилади. Таъминловчи тарелка ректификация колоннасини иккита ишчи қисмга (юқори ва қуйи колоннага) ажратади.

Колоннанинг юқори қисмида кўтарилаётган буғнинг таркиби енгил учувчан компонент билан бойиб боради, натижада таркиби тоза енгил учувчан компонентга яқин бўлган буғлар дефлегматорга 4 берилади. Колоннанинг қуйи қисмида пастга томон йўналган суюқлик таркибидан енгил учувчан компонент максимал миқдорда ажратиб олинади. Шу сабабдан, колоннанинг тубидан қайнатгичга 8 ўтаётган суюқликнинг таркиби асосан қийин учувчан компонентдан иборат бўлади.



5-расм. Узлуксиз режимда ишловчи ректификация ускунасининг принципиал схемаси: 1- дастлабки аралашма, куб қолдиғи ва ректификат учун сиғимли идишлар; 2- бирламчи аралашмани қиздирувчи аппарат; 3- ректификация колоннаси; 4- дефлегматор; 5- флегма ажраткич; 6- ректификат ва куб қолдиғини совутиш аппаратлари; 7- насослар; 8- қайнаткич.

Шундай қилиб, колоннанинг юқори қисми буғ таркибини бойитувчи қисм, колоннанинг қуйи қисми эса суюқликдан енгил учувчан компонентни максимал даражада ажратувчи қисм деб аталади.

Колонна тубига ёки ундан ташқарига ўрнатилган қайнаткичда 8 ҳосил бўлаётган бинар аралашма буғлари оқими колонна бўйлаб пастдан юқорига ҳаракат қилади. Суюқлик эса колонна тепасидан қуйи томонга ҳаракат қилади.

Колоннадан чиқаётган буғлар совуқ сув билан совитилувчи дефлегматорда 4 тўла ёки қисман конденсацияланади. Ҳосил бўлган суюқлик ажратгичда 5 икки қисмга ажралади. Биринчи қисм (флегма) колоннанинг

юқори тарелкасига қайтарилади. Натижада колоннада суюқлик фазасининг пастга йўналган оқими юзага келади.

Конденсатор-совуткич 6 дефлегматорда тўлиқ конденсацияга учрамаган буғлар учун конденсатор, дистиллят учун эса совуткич вазифасини бажаради. Конденсатордан совутилиб чиқаётган ректификат алоҳида резервуарларга 1 йиғилади.

Колоннанинг туб қисмидан чиқаётган қолдиқ фракция ҳам икки қисмга ажратилади. Унинг бир қисми қайнатгичга юборилади, иккинчи қисм (қуйи маҳсулот) эса совуткичда 6 совитилгандан сўнг йиғувчи идишларга узатилади.

Ректификация колонналари, конструктив тузилишига кўра, асосан поғона контактли (тарелкали) ва узлуксиз контактли (плёнкали ва насадкали) колонналар гуруҳига ажратилади.

Ишчи қисмларининг (тарелка ва насадкаларнинг) тузилишига кўра ректификация колонналари абсорбция қурилмаларига ўхшаб кетади.

Ректификация колонналарини ҳисоблаш услублари ҳам турдош типдаги абсорбция қурилмаларини ҳисоблаш услубларидан деярли фарқ қилмайди.

Ректификация колоннасини ҳисоблаш пайтида дастлаб унинг юқори ва қуйи колонналари алоҳида ҳисобланади, сўнггра унинг умумий ишчи баландлиги аниқланади. Ректификация колонналари, абсорберлардан фарқли равишда, қўшимча иссиқлик алмашилиш қурилмалари (иситгич, қайнатгич, ҳайдаш кубы, дефлегматор, конденсатор, совитгич) билан таъминланган бўлади. Бундан ташқари, атроф муҳитга тарқаладиган иссиқликнинг йўқолишини камайтириш учун ректификацион колонналар иссиқликни ҳимояловчи материал қатлами билан қопланади.

Озиқ-овқат саноатида қўлланиладиган ректификация колонналари асосан қалпоқчали типда ишланган контакт тарелкалари билан таъминланади. Тарелкалар оралиғидаги масофа ҳисобланади. Одатда бу қиймат, дастлабки аралашманинг хоссаларига кўра, 200; 300; 400; 500 ва 600 мм бўлиши мумкин.

Ректификация ускуналари ишининг самарадорлиги кўп жиҳатдан жараёни оптимал гидродинамик режимларда олиб бориш ва энергия (иссиқлик энергияси) ресурсларини тежашдан боғлиқ бўлади.

Энергия сарфини камайтириш учун қуйидаги ишларни бажариш тавсия этилади:

- аппаратларни иссиқликни ҳимоя қилувчи материал қатлами билан қоплаш;
- жараёни оптимал флегма сони билан олиб бориш;
- иккиламчи иссиқлик оқимларидан самарали фойдаланиш (масалан, дастлабки аралашмани қайнаш ҳароратига яқин бўлган ҳароратларгача қиздириш учун);
- мумкин бўлган шароитларда қурилма кубигаги суюқликни буғлатиш учун юқори ҳароратли сув буғини очик усулда бериш;
- иссиқлик насосини қўллаш;
- айрим шароитларда, масалан азеотроп аралашмаларни ректификациялаш пайтида, кўп босқичли (колоннали) ускуналардан фойдаланиш.

Ректификация ускуналари ўлчов-назорат асбоблари ва бошқарув системалари билан таъминланади. Бу эса ускунада кечаётган жараёнларни автоматик тарзда бошқариш имконини беради.

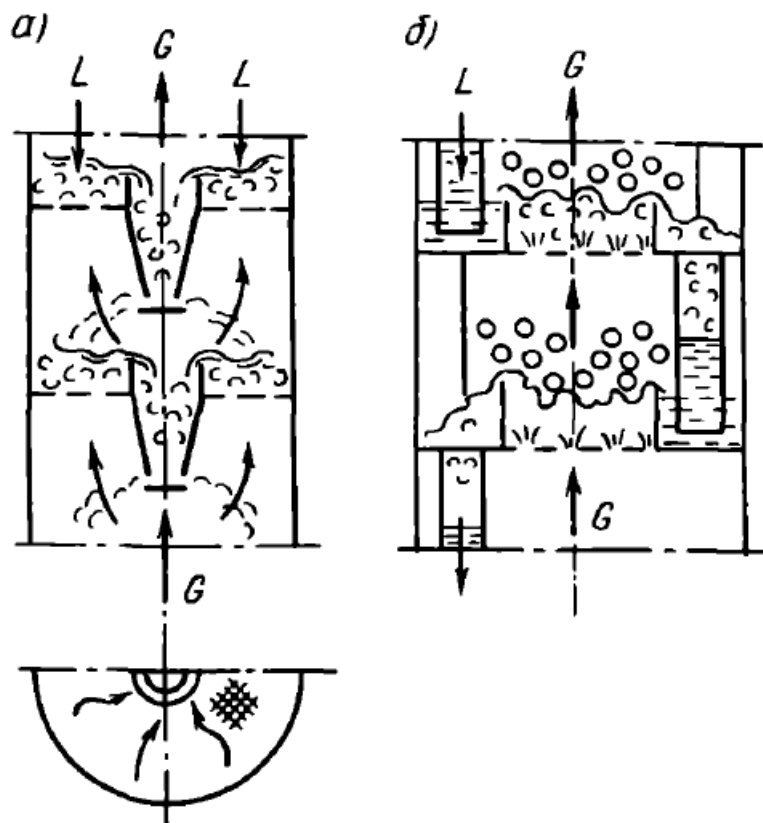
1.4. Ректификацион колонналарнинг тузилиши

Ректификацион курилмаларда асосан икки типдаги аппаратлар ишлатилади: 1) погонали контактли аппаратлар (тарелкали колонналар) ; 2) узлуксиз контактли аппаратлар (плёнкали ва насадкали колонналар) . Тарелкали, насадкали ва айрим плёнкали аппаратлар ички тузилиши (тарелка, насадка) га кўра абсорбцион колонналарга ўхшаш бўлади.

Ректификацион колонналарни ҳисоблаш ҳам бир хил типдаги абсорбцион аппаратларни ҳисоблашдан фарк қилмайди. Фақат дастлаб юқориги ва пастки колонна алохида ҳисобланади, сўнгра ректификацион аппаратнинг умумий иш баландлиги аниқланади.

Ректификацион колонналар (абсорберлардан фаркли) қўшимча иссиқлик алмашилиш аппаратлари (иситгич, қайнатгич, хайдаш кубу, дефлегматор, конденсатор, совитгич) билан таъминланган бўлади. Бундан ташқари атроф муҳитга тарқаладиган иссиқликнинг йўқолишини камайтириш учун ректификацион колонналар иссиқлик изоляцияси билан қопланади.

Кимё ва нефть кимёси саноатидаги ректификацион (ва абсорбцион) курилмаларда асосан етти хил типдаги контакт тарелкалари ишлатилади: 1) галвирсимон; 2) галвирсимон—клапанли; 3) клапанли; 4) жалюзали — клапанли; 5) калпокчали; 6) галвирсимон кўп куйилишли; 7) панжарали. Тарелкалар оралигидаги масофа $h = 200\text{--}1200$ мм бўлиши мумкин, кўпинча h нинг киймати 200; 300; 400; 500 ва 600 мм га тенг қилиб олинади.



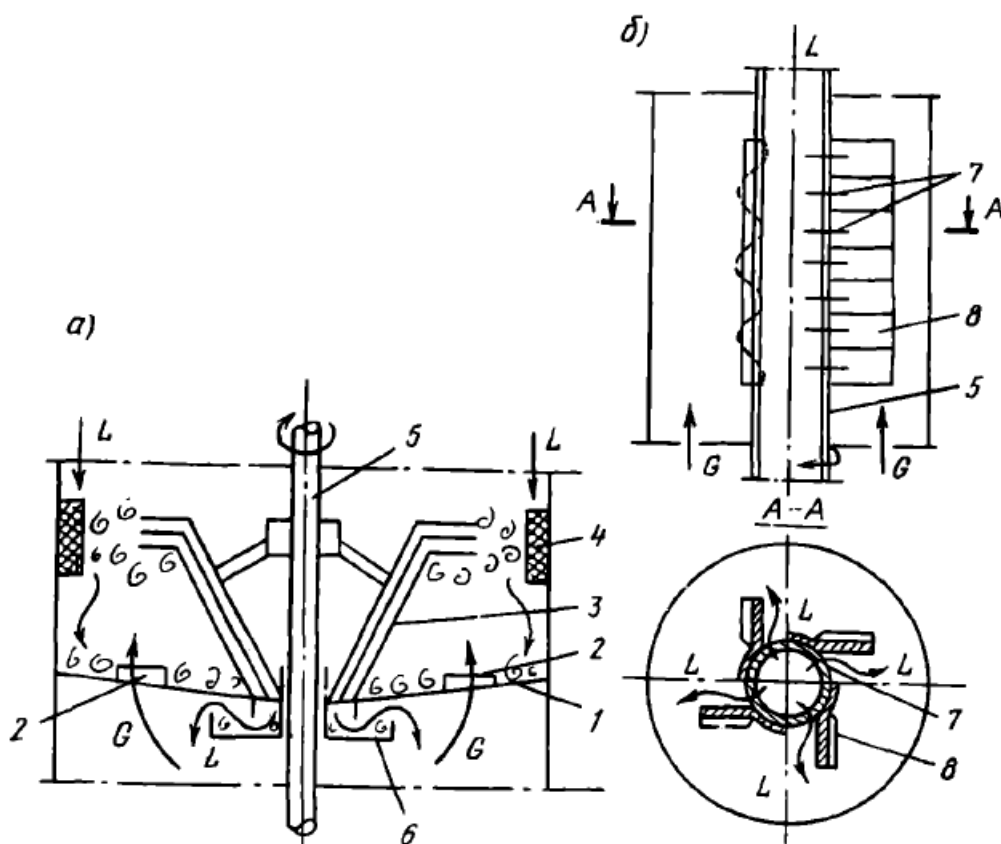
6-расм. Интенсив контактли курилмаларнинг типлари:

а — фазаларнинг икки зонали контактига эга бўлган тарелкалар; б — қўзғалувчан шарсимон насадкали тарелкалар

6 - расмда суюк ва газ (буг) фазалари ўртасида интенсив режимларни таъминлаб берувчи тарелкаларнинг айрим типлари кўрсатилган. Иккита зонали контактига эга бўлган тарелкада (6-расм, а) буг суюқлик плёнкаси тарелкадан куйилаётган жойда қўшимча контактига учрайди ва тарелкадаги суюқлик катламидан ўтаётган пайтда эса барботажли режим ҳосил қилади.

Бу ҳолат жараённинг тезлигини ортишига олиб келади. 6-расм, б да кўрсатилган контакт курилмада шарлар катламидан фойдаланилганда тарелкалар оралигидаги бўшлиқда суюқликнинг бир-биридан ажратилган зич плёнкалари ҳосил бўлади, натижада бундай колоннадаги газ (ёки буг) нинг тезлигини галвирсимон тарелкаларга нисбатан 3—4 маротаба купайтириш имконияти пайдо бўлади.

Роторли аппаратларда ҳам фазалар ўртасида интенсив контактли режим уюштирилади. 7 - расмда роторли аппаратларнинг икки хил контакт курилмалари кўрсатилган. Бундай аппаратларда марказдан кочма куч майдони ҳосил қилиниб, суюқлик валдаги тешиклар орқали сочиб берилади. Роторли аппаратлар иссиқликка бардошеиз системаларни вакуум остида ректификация қилиш учун қўлланилади.



7-расм. Роторли аппаратларнинг контакт курилмалари (а, б):

1 — тарелка; 2 — иатрубкалар; 3 — айланувчи конус; 4 — томчи кайтаргич; 5 — вал; 6 — куйилиш курилмаси; 7 — валдаги тешиклар; 8 — тўлқинсмон парраклар.

Бундай аппаратларнинг гидравлик каршилиги кам, бироқ роторни айлантириш учун қўшимча энергия талаб қилинади.

Дистилляция ва ректификацион курилмаларнинг ишини интенсивлаш учун энергияга бўлган харажатларни камайтириш, интенсив гидродинамик режимларни ташкил қилиш учун оптимал шарт-шароитлар яратилиши мақсадга мувофиқ бўлади.

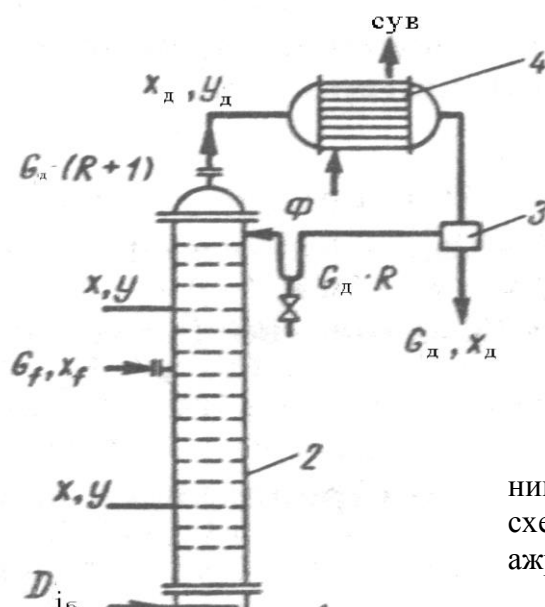
Энергетик харажатларни камайтириш учун куйидаги ишлар қилинган бўлиши керак: 1) ректификацион колонналарни яхши иссиқлик изоляцияси билан коплаш; 2) жараёни оптимал флегма сони билан олиб бориш; 3) иккиламчи иссиқлик оқимларидан ишлаб чиқариш эҳтиёжларини кондириш учун фойдаланиш; 4) мумкин бўлган шароитда аппаратнинг кубда суюқликни буглатиш учун ўткир бугни ишлатиш; 5) иссиқлик насосини қўллаш; 6) айрим шароитларда, масалан азеотроп аралашмаларини ректификациялаш пайтида ҳар хил босим билан ишлайдиган икки (ёки кўп) колоннали курилмалардан фойдаланиш.

II. Ректификация ускуналарининг ҳисоби

2.1. Хайдаш колоннасининг ҳисоби

Ректификация колоннасига келиб тушаётган дастлабки суюқлик G_f жараён мобайнида дистиллят G_d ва куб қолиғига G_w ажралади. Бу пайтда ҳосил бўлаётган буғлар дефлегматорда совутилгач, ажраткич ёрдамида, яна икки қисмга - флегма G_f ва дистиллятга G_d ажратилади.

Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари схемаси 8 - расмда келтирилган.



8-расм. Ректификация жараёнининг моддий ва иссиқлик баланслари схемаси: 1- куб; 2- колонна; 3- флегма ажраткич; 4- дефлегматор.

Ректификация жараёнларини ҳисоблаш пайтида фазалар таркиби ва уларнинг миқдори моль улушларда ифодаланади. Ҳисоблаш ишларини осонлаштириш мақсадида қуйидаги шартлар қабул қилинади:

- 1 кмоль буғ конденсацияланганда 1 кмоль суюқлик ҳосил бўлади; шу сабабдан, колонна бўйлаб ҳаракатланаётган буғ миқдори унинг кўндаланг кесим юзаси бўйича бир хил бўлади;

- конденсацияланиш пайтида буғнинг таркиби ўзгармайди; демак ректификация колоннасидан чиқиб, дефлегматорга кираётган буғнинг таркиби (y_d) ва колоннага флегма тарзида қайтарилаётган дистиллятнинг таркиби (x_d) бир хил қийматга эга, яъни $y_d = x_d$;

- қайнатгичдан колонна бўйлаб юқорига кўтарилаётган буғнинг таркиби колонна тубидан чиқаётган куб қолдиғининг таркиби билан бир хил, яъни $y_w = x_w$.

2.2. Ректификация жараёнининг моддий баланси

Ректификация жараёнининг моддий балансини қуйидагича ифодалаш мумкин:

- моддий оқимлар бўйича

$$G_f = G_d + G_w; \quad (7)$$

- энгил учувчан компонент бўйича

$$G_f x_f = G_d x_d + G_w x_w, \quad (8)$$

бу ерда G_f , G_d ва G_w - дастлабки аралашма, дистиллят ва куб қолдиғининг сарфлари, кмоль; x_f , x_d ва x_w - энгил учувчан компонентнинг дастлабки аралашма, дистиллят ва куб қолдиғи таркибидаги концентрацияси, моль улушларда.

(7) ва (8) тенгламалар бўйича дистиллят ва куб қолдиғи миқдорларини аниқлаш мумкин

$$G_d = G_f (x_f - x_w) / (x_d - x_w); \quad (9)$$

$$G_w = G_f (x_d - x_f) / (x_d - x_w). \quad (10)$$

Дастлабки суюқлик G_f , куб қолиғига G_w ва флегма миқдорларини 1 кмоль дистиллят миқдorigа нисбатларини $G_f/G_d = F$, $G_w/G_d = W$ ва $\Phi/G_d = R$ деб белгилаймиз.

$\Phi/G_d = R$ нисбат флегма сони деб аталади.

Колоннанинг юқори ва қуйи қисмлари учун жараённинг моддий баланси тенгламасини умумий кўринишда қуйидагича ифодалаймиз:

$$Gdy = \Phi(-dx). \quad (11)$$

бу ерда G ва Φ - буғ ва флегманинг сарфлари, кмоль; y ва x - суюқлик ва буғ таркибидаги енгил учувчан компонентнинг аппарат баландлиги бўйича ўзгарувчан концентрациялари, кмоль;

Колоннанинг бойитиш қисмига оқиб тушаётган суюқлик миқдори

$$\Phi = RG_d.$$

бу ерда G_d - дистиллятнинг сарфи, кмоль;

Колонна бўйлаб кўтарилаётган буғлар миқдори

$$G = G_d + \Phi = G_d + RG_d = G_d(1+R). \quad (12)$$

Колоннанинг бойитиш қисми учун (29-11) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади

$$(R+1)dy = R(-dx). \quad (13)$$

$x_d=y_d$ эканлигини эътиборга олиб, юқори колоннанинг ихтиёрий танланган қисми учун қуйидаги тенгламани ёзишимиз мумкин

$$(R+1)(y_d-y) = (R+1)(x_d-y) = R(x_d-x), \quad (14)$$

бу ердан

$$y = \frac{R}{R+1}x + \frac{1-x_d}{R+1}. \quad (15)$$

Бу тенгламадан $R/(R+1) = \operatorname{tg}\alpha$ ва $x_d/(R+1) = b$ деб белгилаймиз. Бу ерда $\operatorname{tg}\alpha$ - ишчи чизикнинг абцисса ўқига нисбатан оғиш бурчаги тангенци; b - ишчи чизикни y - x диаграммадаги ордината ўқи бўйича ажратган кесмаси.

Демак, колоннанинг бойитиш қисмининг ишчи тенгламасини (15) қуйидагича ёзиш мумкин:

$$y = \operatorname{tg}\alpha x + b. \quad (16)$$

Колоннанинг қуйи қисми учун (11) тенглама қуйидагича кўринишга эга бўлади

$$(R+1)dy = (F+R)(-dx). \quad (17)$$

$x_w=y_w$ эканлигини эътиборга олиб, қуйи колоннанинг исталган қисми учун (17) тенгламани қуйидагича ёзишимиз мумкин

$$(R+1)(y-y_w) = (R+1)(y-x_w) = (R+F)(x-x_w), \quad (18)$$

бундан

$$y = \frac{R+F}{R+1}x + \frac{1-F}{R+1}x_w. \quad (19)$$

$$(19) \text{ тенгламадан } \frac{R+F}{R+1} = \operatorname{tg}\beta \text{ ва } \frac{1-F}{R+1}x_w = C \text{ деб белгилаймиз.}$$

Бу ерда $\operatorname{tg}\beta$ - ишчи чизикнинг абцисса ўқига нисбатан оғиш бурчаги тангенци; C - ишчи чизикни y - x диаграммадаги абсцисса ўқи бўйича ажратган кесмаси.

Демак, қуйи колоннанинг ишчи тенгламасини (19) қуйидагича ёзиш мумкин:

$$y = \operatorname{tg}\beta x + C. \quad (20)$$

Шундай қилиб, (14) ва (18) ифодалар ректификация колоннасининг юқори (бойитувчи) ва пастки (суюқлик таркибидан енгил учувчан компонентни максимал ажратувчи) қисмлари учун ишчи чизиклар тенгламалари деб аталади.

Флегма сони. Флегма миқдорини дистиллят миқдорига нисбати $\Phi/G_d = R$ флегма сони деб аталади.

Таъминловчи тарелка (x_f, y_f) ва бойитувчи қисмдаги энг юқори тарелка (x_d, y_d) оралиғидаги ишчи зона учун (13) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин:

$$(R+1)(x_d - y_f) = R(x_d - x_f), \quad (21)$$

бу ердан

$$R_{\min} = (x_d - y_f)/(y_f - x_f). \quad (22)$$

Флегма сони ректификация колоннаси ишини таҳлил қилишда муҳим аҳамиятга эга. Ректификация ускунасининг диаметри ва баландлиги, технологик сарфлар (сув буғи ва совуқ сув сарфлари) ва ускунани ишлатиш билан боғлиқ харажатлар флегма сони қийматига қараб ўзгаради. Шу сабабдан, флегма сонининг ҳақиқий қийматини ҳисоблаш катта аҳамиятга эга.

Амалиётда флегма сонининг ишчи қийматлари қуйидаги эмпирик ифода бўйича аниқланади:

$$R_{\min} = (1.1 \div 1.4) R_{\min}.$$

2.3. Ректификация колоннасининг иссиқлик баланси

Узлуксиз ишловчи ректификация колоннасининг иссиқлик баланси умумий ҳолда қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Q_k + Q_f + Q_\phi = Q_r + Q_d + Q_w + Q_{\text{кн}} + Q_{\text{й}}, \quad (24)$$

бу ерда $Q_k = Di_6$ - куб-қайнаткичга змеевик орқали берилаётган сув буғининг иссиқлиги; $Q_f = G_f c_f t_f$ - колоннага берилаётган дастлабки аралашманинг иссиқлиги; $Q_\phi = RG_d c_d t_d$ - колоннага флегма шаклида қайтарилаётган дистиллятнинг иссиқлиги; $Q_r = (R+1)G_d r_d$ - колоннадан дефлегматорга узатилаётган дистиллят буғларининг иссиқлиги; $Q_d = (R+1)G_d c_d t_d$ - дефлегматордан чиқарилаётган дистиллятнинг иссиқлиги; $Q_w = G_w c_w t_w$ - жараён пайтида ҳосил бўлган куб қолдиғининг иссиқлиги; $Q_{\text{кн}} = Di_{\text{кн}}$ - буғ конденсатининг иссиқлиги; $Q_{\text{й}}$ - атроф муҳитга йўқотилаётган иссиқлик миқдори; t_f , t_d ва t_w - дастлабки аралашма, дистиллят ва куб қолдиғининг ҳароратлари, °C; c_f , c_d ва c_w - дастлабки аралашма, дистиллят ва куб қолдиғининг солиштира иссиқлик сифимлари, кЖ/(кг·°C); i_6 ва $i_{\text{кн}}$ - сув буғи ва конденсатнинг энтальпиялари, кЖ/кг; r_d - дистиллятнинг буғланиш иссиқлиги, кЖ/кг.

Жараённинг иссиқлик баланси тенгламасининг кенгайтирилган кўриниши

$$Di_6 + G_f c_f t_f + RG_d c_d t_d = (R+1)G_d (r_d + c_d t_d) + G_w c_w t_w + Di_{\text{кн}}. \quad (25)$$

Ушбу тенгламадан жараённи амалга ошириш учун зарур бўлган сув буғи сарфи D аниқланади

$$D = [(R+1)G_d (r_d + c_d t_d) + G_w c_w t_w - G_f c_f t_f - RG_d c_d t_d] / (i_6 - i_{\text{кн}}). \quad (26)$$

(26) тенгламанинг соддалаштирилган кўриниши

$$D = [(R+1)G_d r_d + G_d c_d t_d + G_w c_w t_w - G_f c_f t_f] / (i_6 - i_{\text{кн}}). \quad (27)$$

Дефлегматорга келиб тушаётган дистиллят буғларини совутиш учун зарур бўлган сув сарфи қуйидагича аниқланади

$$G_{\text{сув}} = [(R+1)G_d r_d] / (c_2 t_2 - c_1 t_1), \quad (28)$$

бу ерда t_1 ва t_2 - сувнинг дастлабки ва охирги ҳарорати, °C; c_1 ва c_2 - сувнинг t_1 ва t_2 ҳароратлардаги солиштирма иссиқлик сиғими, кЖ/(кг °C).

Дистиллятни совутиш учун зарурий сув сарфи ҳам шу тартибда аниқланади:

$$G_{\text{сув}} = G_d c_d t_d / (c_2 t_2 - c_1 t_1). \quad (29)$$

2.4. Колоннанинг моддий баланси ва ишчи флегма сони ҳисоби

Тарелкали ректификация колоннасининг бойитиш қисмига берилаётган дастлабки аралашма (бражка) миқдори $G_{\text{бр}} = 3600$ кг/соат = 1.0 кг/сек, унинг таркибидаги спиртнинг дастлабки концентрацияси 8% (ҳажмий) ёки $x_{\text{бр}} = 6.43\%$ (массавий) ёки 2.65% (моляр).

Дистиллят таркибидаги спиртнинг талаб этиладиган концентрацияси 88% (ҳажмий) ёки $x_d = 83.19\%$ (массавий) ёки 65.7% (моляр). Куб қолдиғи таркибидаги спиртнинг белгиланган концентрацияси $x_k = 0.01\%$ (массавий).

Бражкани ҳайдаш жараёнида ҳосил бўладиган дистиллят сарфи жараённинг энгил учувчан компонент бўйича моддий баланс тенгламасидан аниқланади:

$$G_d = G_{\text{бр}}(x_{\text{бр}} - x_k) / (x_d - x_k) = 1.0(6.43 - 0.01) / (83.19 - 0.01) = 0.077 \text{ кг/сек.}$$

Жараён якунида ҳосил бўладиган куб қолдиғининг сарфи эса

$$G_k = G_{\text{бр}} - G_d = 1.0 - 0.0772 = 0.923 \text{ кг/сек.}$$

Ректификация колоннасининг буғ ва суюқлик бўйича юкламаси ишчи флегма сони R қиймати бўйича аниқланади.

Таъминловчи тарелкадаги буғ фазасининг таркиби y_6 бражкадаги спиртнинг мувозанат концентрациясига ($y^* = 21.6\%$) тенглигини маълумотномалардан аниқлаймиз. Флегма сонининг минимал қийматини ҳисоблаймиз:

$$R_{\text{min}} = (x_d - y_6) / (y_6 - x_{\text{бр}}) = (65.7 - 21.6) / (21.6 - 2.65) = 2.327.$$

Флегма сонининг ишчи қиймати:

$$R = R_{\text{min}} \cdot 1.5 = 2.327 \cdot 1.5 = 3.49,$$

бу ерда 1.5 – флегма билан ортиқча таъминланиш коэффициентини.

Колонна бўйлаб юқорига кўтарилаётган буғнинг массавий сарфи

$$G_6 = G_d (R+1) = 0.077(3.49+1) = 0.346 \text{ кг/сек.}$$

Колонна бўйлаб қуйига оқиб тушаётган суюқликнинг сарфи:

- колоннанинг юқори қисмидан

$$G_{\text{с.ю}} = G_d \cdot R = 0.077 \cdot 3.49 = 0.269 \text{ кг/сек;}$$

- колоннанинг қуйи қисмидан

$$G_{\text{с.к}} = G_d \cdot R + G_{\text{бр}} = 0.269 + 1.0 = 1.269 \text{ кг/сек.}$$

Колоннанинг юқори қисмидаги суюқлик концентрациясининг ўртача қиймати

$$x_{\text{ю.ўр}} = 0.01(x_{\text{бр}} + x_d) / 2 = 0.01(6.43 + 83.19) / 2 = 0.4477 \text{ (массавий}$$

улуш).

Колоннанинг юқори қисмидаги суюқлик зичлигининг ўртача қийматини ҳисоблаймиз

$$\rho_{c.ю} = \rho_{\text{спирт}}^{20} \cdot x_{ю.ўр} + \rho_{\text{сув}}(1 - x_{ю.ўр}) = 789 \cdot 0.4477 + 1000(1 - 0.4477) = 905.8 \text{ кг/м}^3,$$

бу ерда $\rho_{\text{спирт}}^{20} = 789 \text{ кг/м}^3$ - этил спиртининг нисбий зичлиги; $\rho_{\text{сув}} = 1000 \text{ кг/м}^3$ - сувнинг зичлиги.

Колоннанинг қуйи қисмидаги суюқлик концентрациясининг ўртача қиймати

$$x_{к.ўр} = 0.01(x_{к} + x_{бp})/2 = 0.01(0.01 + 6.43)/2 = 0.0321 \text{ (массавий улуш)}.$$

Колоннанинг қуйи қисмидаги суюқликнинг зичлиги (ўртача қиймат):

$$\rho_{c.к} = \rho_{\text{спирт}}^{20} \cdot x_{к.ўр} + \rho_{\text{сув}}(1 - x_{к.ўр}) = 789 \cdot 0.0321 + 1000(1 - 0.0321) = 993.2 \text{ кг/м}^3.$$

Колоннанинг юқори қисмидаги буғ фазаси таркибининг ўртача қийматини ҳисоблаймиз

$$y_{ю.ўр} = 0.01(y_{бp} + y_{д})/2 = 0.01(21.6 + 65.7)/2 = 0.437 \text{ (моль улуш)}.$$

Колоннанинг юқори қисмидаги буғнинг 87°C ҳароратдаги зичлигини (ўртача қиймат) аниқлаймиз:

$$\rho_{буг.ю} = M_{\text{спирт}} \cdot y_{ю.ўр} + M_{\text{сув}}(1 - y_{ю.ўр}) = [(46 \cdot 0.437 + 18(1 - 0.437))10^4] / [848(273 + 87)] = 0.986 \text{ кг/м}^3,$$

бу ерда $M_{\text{спирт}} = 46$ - этил спиртининг молекуляр массаси, кг/кмоль; $M_{\text{сув}} = 18$ - сувнинг молекуляр массаси; 87°C - дистиллятнинг қайнаш ҳарорати.

Колоннанинг қуйи қисмидаги буғ фазаси таркибининг ўртача қиймати

$$x_{к.ўр} = 0.01(y_{б} + y_{д})/2 = 0.01(0.004 + 21.6)/2 = 0.108 \text{ (моль улуш)}.$$

Колоннанинг қуйи қисмидаги буғнинг 97°C ҳароратдаги зичлигини (ўртача қиймат) аниқлаймиз:

$$\rho_{буг.к} = M_{\text{спирт}} \cdot x_{к.ўр} + M_{\text{сув}}(1 - x_{к.ўр}) = [(46 \cdot 0.108 + 18(1 - 0.108))10^4] / [848(273 + 97)] = 0.669 \text{ кг/м}^3,$$

бу ерда 97°C - бражканинг қайнаш ҳарорати.

Колоннада ҳаракатланаётган буғнинг ҳажмий тезлигини аниқлаймиз

$$Q_{буг} = [G_{д}(R+1) \cdot 22.4(273 + t_{ўр})] / (M \cdot 273) = [0.077(3.49 + 1) \cdot 22.4 \cdot (273 + 92)] / (36.5 \cdot 273) = 0.284 \text{ м}^3/\text{сек},$$

бу ерда $t_{ўр} = (87 + 97)/2 = 92^{\circ}\text{C}$ - буғ аралашмаси ҳароратининг ўртача қиймати; $M = 100 / (83.1:46 + 16.9:18) = 36.5$ - сув-спирт буғлари аралашмасининг молекуляр массаси.

Суюқликнинг юқори колоннадаги максимал ҳажмий тезлиги

$$L_{ю} = G_{c.ю} / \rho_{c.ю} = 0.269 / 905.8 = 0.000297 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Суюқликнинг қуйи колоннадаги максимал ҳажмий тезлиги

$$L_{к} = G_{c.к} / \rho_{c.к} = 1.269 / 993.2 = 0.00128 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

4. Ҳаёт фаолияти хавфсизлиги

4.1. Технологик жараён ва жиҳозлар хавфсизлигини таъминлашда автоматлаштиришнинг роли. Спиртли аралашмаларни ректификациялаш жараёнларининг хавфсизлигини таъминлашда хавфли ҳолат ва вазиятларни келтириб чиқарувчи омиллар ҳисобга олинади.

Технологик жараёнларнинг хавфсизлигини таъминлашда хом-ашё, материаллар ва тайёр маҳсулотнинг физик-кимёвий хоссалари, жараённинг олиб бориш режимлари, амалга ошириш шарт-шароитлари, технологик жиҳозларни йиғиш, созлаш ва ишлатиш қоидалари, маҳсулот ишлаб чиқариш технологик регламентига риоя қилиш каби тадбирларни амалга ошириш муҳим аҳамиятга эга.

Ректификация жараёнларининг хавфсизлигини таъминлаш учун қуйидаги тадбирларни амалга ошириш лозим:

- хавфли вазиятлар мавжуд бўлган жараёнларни (масалан босимни ортиб кетиши, спирт буғларининг ҳаводаги юқори концентрацияси) механизациялаштириш, автоматлаштириш ва дистанцион бошқариш усуллари қўллаш;
- технологик машина ва жиҳозлар пухталигини таъминлаш;
- босим остида ишловчи жиҳозларнинг герметиклигини таъминлаш;
- жиҳозларни ишга тушириш, ишлатиш ва тўхтатиш учун назорат қилиш ва бошқариш тизимларини қўллаш.

Технологик жараёнларни автоматлаштириш тизимларини қўллаш экологик ва ижтимоий аҳамиятга эга. Технологик жараёнларни автоматлаштиришда автоматик назорат қилиш, дарак бериш (сигнализация), химоя қилиш, тўсиқлаш, режимга чиқариш, бошқариш ва ростлаш воситаларидан фойдаланилади.

Автоматик назорат асбобларини қўллаш туфайли технологик жараённи, масалан, ректификация жараёнларининг иш режимларини бузилишини ўз вақтида олдини олиш мумкин бўлади.

Автоматик химоя асбоблари жиҳозни тўхтаб ёки бузилиб қолганлиги, хавфли вазиятлар юзага келганлиги тўғрисида операторга маълумот беради. Шу билан бирга, бу асбоблар зарурий ҳолларда жараёнлар ва уларни амалга оширувчи жиҳозларни қисман ёки бутунлай тўхтатади. Одатда автоматик химоя асбоблари технологик параметрларнинг критик меъёрларига мосланган автоматик хабар бериш мосламалари билан бирлаштирилган бўлади.

Бу асбоблар жиҳозлар кабелларининг қисқа туташувини, ортикча кучланишини, цехдаги спирт буғларининг портловчи концентрациялари вужудга келишининг олдини олиш мақсадларида ҳам кенг қўлланилади.

Автоматик химоянинг асосий тури бу автоматик тўсиқлаш (блокировка)дир. Блокировка элементлари технологик жиҳозларнинг нотўғри, бевақт уланиши ёки ўчирилиши натижасида юзага келадиган хавфнинг олдини олади. Бу асбоблар жиҳозлардаги химоя кохухлари очик бўлганда ишчи органларни ҳаракатдан тўхташини таъминлайди.

Электр тармоғида кучланишни вақтинчалик йўқолиши ва пайдо бўлиши натижасида, бошқарув органларининг ҳолати қандай бўлишидан қатъий назар,

технологик жиҳозлар ўз-ўзидан ишлаб кетмаслиги лозим. Агар жиҳоз ишида зўриқишлар юзага келса (қувват бўйича), блокировка элементлари жиҳозларнинг электр юритмаларини автоматик тарзда ўчиради.

Технологик жиҳозларни ишлатишда хавфсизлик чора-тадбирлари. Ректификация ускуналари таркибига кирувчи жиҳозларга техник хизмат кўрсатувчи шахслар уларнинг тузилиши ва ишлаш принципини яхши билишлари керак. Бундай шахслар технологик жиҳозларга техник хизмат кўрсатиш, хавфсизлик техникаси ва ишлаб чиқариш санитарияси бўйича техник минимум топширишлари шарт.

Технологик жиҳозларнинг электр жиҳозларини монтаж қилиш, созлаш ва техник хизмат кўрсатиш ишлари “Истеъмолчиларнинг электр жиҳозларини ишлатишда хавфсизлик Қоидалари” ва “Истеъмолчиларнинг электр жиҳозларини техник эксплуатация қилиш Қоидалари” га асосан амалга оширилиши лозим. Мазкур ишларга 1000В кучланиш остидаги ишларни бажариш учун рухсатнома олган малакали мутахассис жалб этилади.

Барча технологик жиҳозлар заземление контурига уланиши лозим. Жиҳозларнинг электр қисмларини текшириш ва таъмирлаш ишлари кучланиш ўчирилган ҳолатда амалга оширилади. Электр кабелларининг химоя қобиғи бузилмаган бўлиши шарт. Турли хилдаги пускателлар, автоматлар ва кабелларнинг учини беркитиб турувчи коробкалар чанг ёки намдан химоя қилинган вариантда ишланган бўлиши лозим.

Технологик жиҳозларнинг бошқарув ва блокировка органлари, уларни хавфсиз ишлатиш нуқтаи назаридан, 24 В кучланиш остида ишлатилади.

Технологик жиҳозларни ишга туширишдан аввал барча резъбали бирикмаларнинг маҳкамлиги, тез айланувчи ишчи органлар, деталлар ва электр қисмларини ёпиб турувчи химоя қобикларининг мавжудлиги текширилади.

Технологик жиҳозлар ва уларга хизмат кўрсатиладиган ишчи зона яхши ёритилган бўлиши, уларга олиб боровчи йўлаклар озода ва ҳаракатланиш учун ҳалақит берувчи жисмлардан бўш бўлиши лозим.

Технологик жиҳозларни ишлатиш пайтида уларга хос бўлмаган шовқин, тақирлашлар ва вибрация пайдо бўлса, улар тезда ўчирилади. Аниқланган носозликлар тегишли мутахассислар томонидан тезда бартараф этилади.

Корхонадаги технологик машиналарни ишлатиш жараёнида уларнинг кинематик жуфтликлари оралиғидаги зазорларни кенгайтириш сабабли доимий шовқин ҳосил бўлиши мумкин. Санитария меъёрлари бўйича шовқин кундузги сменада 35 дБА, тунги сменада эса 25 дБА дан ортмаслиги керак.

Технологик машиналар шовқинини камайтириш мақсадида уларнинг бўшаб қолган деталларини даврий равишда тортиб туриш, ҳаракатланувчи қисмларини мойлаш ва созлаш тавсия этилади.

5. Атроф-муҳит муҳофазаси

Спирт хом-ашёларини қайта ишлаш асосида этил спирти ишлаб чиқарувчи корхоналар иш фаолияти даврида атроф-муҳит мусаффолигига зарар

келтирувчи асосий омиллар қаторига крахмалли дон маҳсулотларини қайта ишлаш жараёнида ажраладиган чанг, электродвигателлар шовқини ҳамда жиҳозларни ювиш ва совутиш тизимида ҳосил бўладиган оқава сувларни киритиш мумкин.

Атроф-муҳитни муҳофаза қилишга қаратилган чора тадбирларни асосан уч гуруҳга ажратиш мумкин:

а) ишлаб чиқариш жараёнлари ва уларни амалга оширувчи жиҳозлар конструкциясини такомиллаштириш билан боғлиқ **технологик тадбирлар**;

б) машина ва аппаратларни алоҳида цехлар ва бўлимларга жойлаштириш бўйича техник-технологик ечимлар комплексидан иборат бўлган **режалаштириш тадбирлари**;

в) шовқиндан ҳимоялаш, оқава сувлар ва атмосферага чиқарилаётган газ ташламаларини тозалаш учун қўлланиладиган жиҳозлар (сув тиндиргич, циклон, фильтр ва бошқалар) тизимини танлаш ва уларнинг самарадорлигини оширишга қаратилган **санитария-техника тадбирлари**.

Атмосфера ҳавосининг ифлосланиши. Асосий хом-ашёлардан бири бўлмиш дон маҳсулотларини корхонага қабул қилиш, қопсиз сақлаш, элаш, майдалаш, аралаштириш ва узатиш жараёнларида кўп миқдорда чанг ҳосил бўлади ва цех ҳавосини ифлослантиради. Иш жойидаги чангнинг ҳаводаги концентрацияси, ГОСТ 12.1005 бўйича, 6 мг/м^3 дан ортмаслиги шарт. Ҳаводаги чанг миқдори белгиланган меъёрдан ортиб кетса, асосий жиҳозлар тўхтатилади, тайёрлов цехи хонаси шамоллатилади, намлаб йиғиштирилади ва унинг поли ювилади.

Ҳаводаги чанг таркибидан қаттиқ заррачаларни ажратиб олиш учун анъанавий технология бўйича циклонлар ва енгли фильтрлардан иборат бўлган аспирация тизими кенг қўлланилади. Шу сабабдан ҳар бир корхона учун чангни бирламчи тартибда тозалаш учун циклон ва фильтрлардан иборат ихчам чанг тозалаш системаси лойиҳаланади. Циклондан чиқаётган ҳаво албатта енгли фильтрлар орқали ўтказилиши ва шундан сўнгина атмосферага чиқарилиб юборилиши мумкин. СН-1042-73 асосида белгиланган меъзоний талаблар бўйича атмосферага чиқарилиб юборилаётган ташламалар таркибидаги чанг концентрациясининг максимал рухсат этилган чегараси $0,5 \text{ г/сек}$ дан ортмаслиги лозим.

Сув манбааларини ифлосланиши. Спиртли аралашмаларни ректификациялаш жараёнларида спирт буғларини икки-уч босқичда совутиш учун кўп миқдорда совуқ сув талаб этилади. Бу сувлар келгусида корхона градирняларида совутилиб, технологик циклга қайтарилади. Цехдаги жиҳозларни дезинфекциялаш, ювиш ва полларни артиш пайтида ҳосил бўладиган оқава сувлар миқдори унча кўп бўлмайди. Бундай оқава сувлар таркиби минерал заррачалар, қум ва синтетик ювиш воситалари билан ифлосланган бўлади. Оқава сувлар таркибидаги таркибидаги органик ифлосликларнинг максимал концентрацияси, санитария меъёрлари бўйича, 3 мг/л дан ортмаслиги лозим.

Корхонадан чиқарилаётган оқава сувлар дастлаб катта ўлчамли чикитлардан (ип, товар ёрлиқлари ва бошқалар) механик решеткалар

воситасида тозаланиши, кичикроқ бўлсада тиндиргичларда бирламчи тарзда чўктирилиши, зарурий ҳолларда эса хлор ёки сўндирилган охак билан дезинфекцияланиши ва шундан сўнгина канализация тармоғига ташланиши мумкин.

Чиқитларни қайта ишлаш. Спиртли аралашмаларни ректификациялаш жараёнларининг чиқиндилари қаторига асосан куб қолдиғи ҳисобланувчи бардани киритиш мумкин.

Ҳозирги кунда бардани қайта ишлаб, ундан иккиламчи маҳсулотлар ишлаб чиқариш технологиялари мавжуд эмас. Шу сабабдан, барда совутилади ва тиндирилгандан сўнг канализация тизимига ташланади.

Хулоса

Тозаланган этил спирти кенг ассортиментдаги ароқ, ликёрлар, настойкалар ва табобат дамламаларини тайёрлашда, медицина, фармацевтика, парфюмерия ва саноатнинг бошқа тармоқлари эҳтиёжлари учун кўп миқдорларда ишлатилади. Шу сабабдан, этил спиртини ректификацион усулларда таркибий органик бирикмалардан тозалаш, технологик жараёнларнинг оптимал иш режимларини аниқлаш, ректификация ускуналари конструкциясини такомиллаштириш ва энергетик ресурслар сарфини камайтириш борасидаги муаммолар ечимларини топиш долзарб масалалардан ҳисобланади.

Этил спиртини ректификация қилувчи қурилмаларни такомиллаштиришга бағишланган мазкур битирув малакавий ишимни бажариш жараёнида мавзуга оид техник-технологик материалларни таҳлил этдим. Таҳлиллار асосида насадкали ректификация қурилмалари вино пунктлари шароитида тарелкали колонналарга нисбатан самаралироқ қўлланилиши мумкинлиги аниқланди. Шу сабабдан, кўп ҳолатларда абсорберлар сифатида қўлланиладиган насадкали аппаратларни этил спиртини ректификация қилувчи қурилма сифатида қўллаш, унинг конструкциясини такомиллаштириш асосида мослаштириш масалалари кўриб чиқилди.

Битирув малакавий ишда такомиллаштирилган технологик қурилмани ҳавфсиз эксплуатация қилиш қоидалари ва уни ишлаб чиқаришга жорий этиш туфайли эришиладиган иқтисодий самарадорлик ҳисоблари ҳам келтирилади.

Мен ўзимнинг битирув малакавий ишимни бажариш жараёнида ректификация қурилмасининг технологияси ва технологик жиҳозларини ўрганиб чиқдим. Ҳозирги кунда ректификация қурилмаси жуда мураккаб жараёнлигидан келиб чикиб, кимё саноати, фармацевтика ва нефтни қайта ишлаш заводларида катта амалий аҳамиятга эга эканлиги тушуниб етдим.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР ВА ИНТЕРНЕТ САЙТЛАРИ РЎЙХАТИ

1. Баркамол авлод - Ўзбекистон тараққиётининг пойдевори. – Тошкент: Шарқ нашриёт-матбаа концернининг Бош таҳририяти, 1998. – 63 б.
2. Баркамол авлод орзуси. 2-тўлдирилган нашри. – Тошкент: Ўзбекистон миллий энциклопедияси. Давлат илмий нашриёти, 2000. – 245 б.
3. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1: Учебник для вузов / С.Т. Антипов, И.Т. Кретов, А.Н. Остриков и др.; Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова. - М.: Высшая школа, 2004. - 1805 с.
5. Кретов Т.Ю., Антипов С.Т., Шахов С.В Инженерные расчеты технологи-ческого оборудования предприятий бродильной промышленности. – М.: Д.И.Л., 2006. - 391 с.
7. З.Салимов. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Т.2. Модда алмашиниш жараёнлари. Олий ўқув юртлари учун дарслик. - Тошкент: Ўзбекистон, 1995. - 238 б.
8. Юсупбеков Н.Р., Нурмухамедов Х.С. ва б. Кимё ва озиқ-овқат саноатининг асосий жараён ва қурилмаларини ҳисоблаш ва лойиҳалаш. - Тошкент: ТошКТИ, 2000. – 231 бет.
9. Юсупбеков Н.Р., Нурмухаммедов Х.С., Зокиров С. Г. Кимёвий техноло-гиянинг асосий жараён ва қурилмалари. – Тошкент: Шарқ, 2003. – 644 б.
10. Курсовое и дипломное проектирование технологического оборудования пищевых производств /О.Г.Лунин, В.Н. Вельтищев, Ю.М.Березовский и др. - М.: Агропромиздат, 1990. - 269 с.
11. Зайчик Ц.Р. Технологическое оборудование винодельческих предприя-тий /Ц.Р. Зайчик. – М.: ДеЛи, 2001. – 522 с.
12. Лунин О.Г., Вельтишев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств. - М.: Агропромиздат, 1997. - 239 с.
13. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1999. - 551 с.
14. Павлов К.Ф., Романков П.Г. и др. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов /Под ред. П.Г. Романкова. - 9-е изд., перераб. и доп. - Л.: Химия, 1981. - 560 с.
15. Н.Юсуфбеков, Б.Мухамедов, Ш.Фуломов. Технологик жараёнларни бошқариш системалари.- Тошкент: Ўқитувчи, 1997.-704 б.
16. Худайбердиев А.А., Ортиқов А.А. Асосий технологик жараёнлар ва аппаратлар. Ўқув қўлланма. – Наманган: НамМПИ, 2005. – 540 б.
18. Интернет маълумотлари олинган сайтлар:
<http://www.optime.ru>;
www.web-shopping.ru; <http://sciencefund.narod.ru/pischa>;
www.5b.ru/shop/books/economic/5/1-94723-965-5.4.; www.5ballov.ru/
<http://www.optime.ru>;
www.web-shopping.ru;
<http://sciencefund.narod.ru/pischa>;

1-Илова. Интернет сайтларидан олинган мавзуга оид материаллар

Ректификация

Ректификация (от лат. *rectus* — правильный и *facio* — делаю) — разделение смесей жидкостей, основанное на неоднократном испарении жидкостей и конденсации паров. Ректификацию осуществляют в специальных ректификационных колоннах.

Общие сведения

Ректификацию широко применяют в промышленности, например для получения спирта-ректификата, с отделением сивушных масел и альдегидных фракций; для выделения бензинов, керосинов и других фракций из нефти, а также получения компонентов воздуха (кислород, азот, инертные газы).

Аппаратура для ректификации

Аппараты, служащие для проведения ректификации, — ректификационные колонны — состоят из собственно колонны, где осуществляется противоточное контактирование пара и жидкости, и устройств, в которых происходит испарение жидкости и конденсация пара, — куба и дефлегматора. Колонна представляет собой вертикально стоящий полый цилиндр, внутри которого установлены т. н. тарелки (контактные устройства различной конструкции) или помещен фигурный кусковой материал — насадка. Куб и дефлегматор — это обычно кожухотрубные теплообменники (находят применение также трубчатые печи и роторные испарители).

Назначение тарелок и насадки — развитие межфазной поверхности и улучшение контакта между жидкостью и паром. Тарелки, как правило, снабжаются устройством для перелива жидкости. В качестве насадки ректификационных колонн обычно используются кольца, наружный диаметр которых равен их высоте. Наиболее распространены кольца Рашига и их различные модификации.

Как в насадочных, так и в тарельчатых колоннах кинетическая энергия пара используется для преодоления гидравлического сопротивления контактных устройств и для создания динамической дисперсной системы пар — жидкость с большой межфазной поверхностью. Существуют также ректификационные колонны с подводом механической энергии, в которых дисперсная система создается при вращении ротора, установленного по оси колонны. Роторные аппараты имеют меньший перепад давления по высоте, что особенно важно для вакуумных колонн.

Виды ректификации

Различают непрерывную и периодическую ректификацию. В первом случае разделяемая смесь непрерывно подается в ректификационную колонну и из колонны непрерывно отводятся две и большее число фракций, обогащенных одними компонентами и обедненных другими. Полная колонна состоит из 2 секций — укрепляющей и исчерпывающей. Исходная смесь (обычно при температуре кипения) подается в колонну, где смешивается с т. н. извлеченной жидкостью и стекает по контактными устройствам (тарелкам или насадке) исчерпывающей секции противотоком к поднимающемуся потоку пара. Достигнув низа колонны, жидкостный поток, обогащенный тяжелолетучими компонентами, подается в куб колонны. Здесь жидкость частично испаряется в результате нагрева подходящим теплоносителем, и пар снова поступает в исчерпывающую секцию. Выходящий из этой секции пар (т. н. отгонный) поступает в укрепляющую секцию. Пройдя её, обогащенный легко-летучими компонентами пар поступает в дефлегматор, где обычно полностью конденсируется подходящим хладагентом. Полученная жидкость делится на 2 потока: дистиллят и флегму. Дистиллят является продуктовым потоком, а флегма поступает на орошение укрепляющей секции, по контактными устройствам которой стекает. Часть жидкости выводится из куба колонны в виде т. н. кубового остатка (также продуктивный поток).

Отношение количества флегмы к количеству дистиллята обозначается через R и носит название флегмового числа. Это число — важная характеристика процесса ректификации: чем больше R , тем больше эксплуатационные расходы на проведение процесса. Минимально

необходимые расходы тепла и холода, связанные с выполнением какой-либо конкретной задачи разделения, могут быть найдены с использованием понятия минимального флегмового числа, которое находится расчётным путём в предположении, что число контактных устройств, или общая высота насадки, стремится к бесконечности.

Если исходную смесь нужно разделить непрерывным способом на число фракций больше двух, то применяется последовательное либо параллельно-последовательное соединение колонн.

При периодической ректификации исходная жидкая смесь одновременно загружается в куб колонны, ёмкость которого соответствует желаемой производительности. Пары из куба поступают в колонну и поднимаются к дефлегматору, где происходит их конденсация. В начальный период весь конденсат возвращается в колонну, что отвечает т. н. режиму полного орошения. Затем конденсат делится на флегму и дистиллят. По мере отбора дистиллята (либо при постоянном флегмовом числе, либо с его изменением) из колонны выводятся сначала легколетучие компоненты, затем среднелетучие и т. д. Нужную фракцию (или фракции) отбирают в соответствующий сборник. Операция продолжается до полной переработки первоначально загруженной смеси.

При количественном расчёте работы ректификационных колонн используется понятие теоретическая тарелка (гипотетическое контактное устройство, в котором устанавливается термодинамическое равновесие между покидающими его потоками пара и жидкости, то есть концентрации компонентов этих потоков связаны между собой коэффициентом распределения). Любой реальной ректификационной колонне можно поставить в соответствие колонну с определённым числом теоретических тарелок, входные и выходные потоки которой как по величине, так и по концентрациям совпадают с потоками реальной колонны. Исходя из этого определяют КПД колонны как отношение числа теоретических тарелок, соответствующих этой колонне, к числу действительно установленных тарелок. Для насадочных колонн можно определить величину ВЭТТ (высоту, эквивалентную теоретической тарелке) как отношение высоты слоя насадки к числу теоретических тарелок, которым он эквивалентен по своему разделительному действию.

С концепцией теоретической тарелки связана плодотворная идея отделения конструктивных и гидравлических параметров от технологических параметров, таких как отношения потоков и коэффициента распределения. Единая задача расчёта ректификационной колонны распадается при этом на две более простые, самостоятельные: а) технологический расчёт, когда нужно установить, какие составы будут получаться на фиксированном числе теоретических тарелок, или найти, сколько надо взять теоретических тарелок, чтобы получить желаемый состав выходящих потоков; б) расчёт, когда нужно установить, сколько взять реальных тарелок или какая высота насадки должна быть для реализации желаемого числа теоретических тарелок. В математическом отношении первая задача (а) допускает чёткую формулировку и сводится к решению обширной системы нелинейных алгебраических уравнений (для непрерывно действующих колонн) или к интегрированию систем обыкновенных дифференциальных уравнений (для периодических колонн). В случае Р. многокомпонентной смеси решение доступно лишь с помощью ЦВМ. Использование машин позволяет также рассчитывать сложные колонны, применение которых на практике в какой-то степени тормозилось ранее отсутствием точных методов расчёта. При гидравлическом расчёте (б) могут быть использованы либо непосредственно эмпирические корреляции между величинами ВЭТТ и КПД, с одной стороны, и конструкцией тарелки, типом насадки и гидравлическими параметрами (удельные нагрузки по пару и жидкости) — с другой, либо соотношения, связывающие ВЭТТ и КПД с кинетическими и диффузионными параметрами (такими, как коэффициент массоотдачи и эффективной диффузии).

Применение

- Получение отдельных фракций и индивидуальных углеводородов из нефтяного сырья в нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

- Получение окиси этилена, акрилонитрила, капролактама, алкилхлорсиланов.
- Ректификация широко используется во многих отраслях: коксохимической, лесохимической, пищевой, химико-фармацевтической промышленности и др..

http://www.ros-beverage.ru/catalogue/Peregonnoe-borudovanie/Minispirtzavody/eq_3985.html

РЕКТИФИКАЦИЯ

 Ректификация (от позднелат. *rectificatio* - выпрямление, исправление), разделение жидких смесей на практически чистые компоненты, отличающиеся т-рами кипения, путем многократных испарения жидкости и конденсации паров. В этом осн. отличие Р. от дистилляции, при к-рой в результате однократного цикла частичное испарение -конденсация достигается лишь предварительное (грубое) разделение жидких смесей.

Для Р. обычно используют колонные аппараты (см., напр., Насадочные аппараты, Тарельчатые аппараты), наз. ректификационными колоннами, в к-рых осуществляется многократный контакт между потоками паровой и жидкой фаз. Движущая сила Р.-разность между фактическими (рабочими) и равновесными концентрациями компонентов в паровой фазе, отвечающими данному составу жидкой фазы. Парожидкостная система стремится к достижению равновесного состояния, в результате чего пар при контакте с жидкостью обогащается легколетучими (низко-кипящими) компонентами (ЛЛК), а жидкость - труднолетучими (высококипящими) компонентами (ТЛК). Поскольку жидкость и пар движутся, как правило, противотоком (пар-вверх, жидкость - вниз), при достаточно большой, высоте колонны в ее верх. части можно получить практически чистый целевой компонент.

В зависимости от т-р кипения разделяемых жидкостей Р. проводят под разл. давлением: атмосферным (т. кип. 30-150 °С), выше атмосферного (при разделении жидкостей с низкими т-рами кипения, напр. сжиженных газов), в вакууме (при разделении высококипящих жидкостей для снижения их т-р кипения). Р. можно осуществлять непрерывно или периодически. Для непрерывной Р. применяют колонны, состоящие из двух ступеней: верхней-укрепляющей (в ней пар укрепляется, т.е. обогащается ЛЛК) и нижней - исчерпывающей (где происходит исчерпывание жидкой смеси, т. е. извлечение ЛЛК и обогащение ее ТЛК). При периодической Р. в колонне производится только укрепление пара. Различают Р. бинарных (двухкомпонентных) и многокомпонентных смесей.

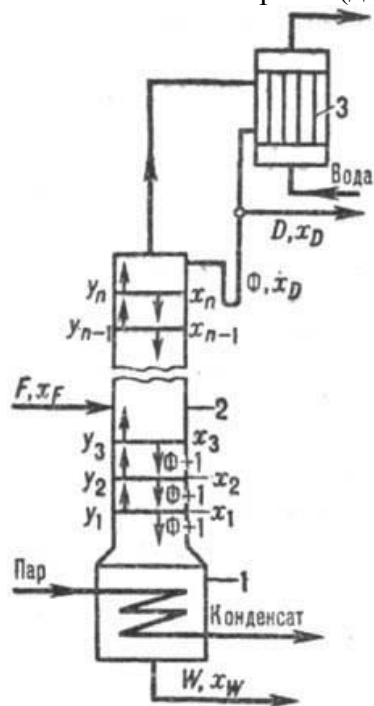


Рис. 1. Ректификационная установка непрерывного действия: 1 -куб-испаритель; 2-колонна; 3-дефлегматор.

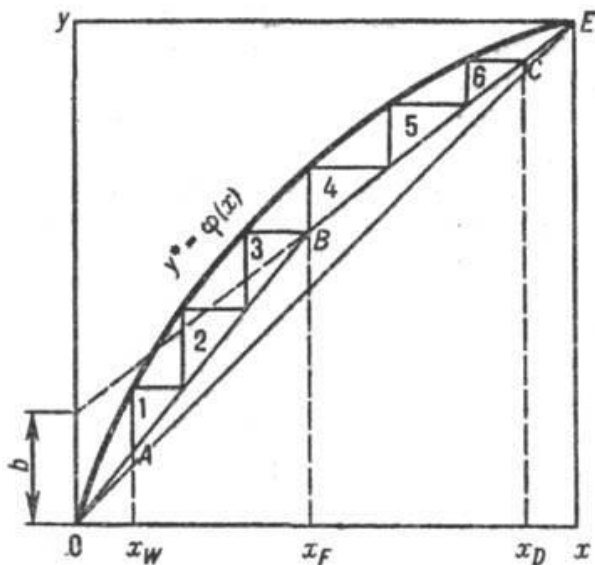


Рис. 2. Графическое определение числа теоретич. тарелок; ОЕ-равновесная кривая; АВ и ВС- рабочие [линии](#) для укрепляющей и исчерпывающей частей колонны; 1-6-тарелки.

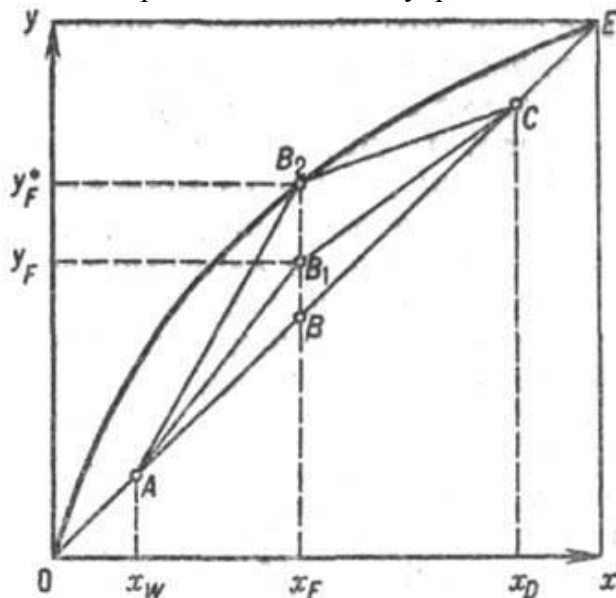


Рис. 3. Положение рабочих [линий](#) непрерывной [ректификации](#) на у-х-диаграмме.

Ректификация бинарных смесей Процесс осуществляют при дискретном (ступенчатом) контакте фаз в тарельчатых колоннах или непрерывном контакте фаз в насадочных колоннах.

Для анализа работы колонны, расчета состава дистиллята и остатка и распределения [концентраций](#) ЛЛК по высоте аппарата используют понятие о теоретической ступени разделения, или теоретической тарелке (ТТ). Такая ступень (тарелка) соответствует некоторому гипотетич. участку аппарата, где [жидкость](#) и покидающий ступень [пар](#) находятся в равновесии. Число ТТ (n_T), необходимое для получения дистиллята и остатка заданного состава, можно найти графически с помощью у-х-диаграммы (рис. 2), описывающей зависимость между равновесными молярными [концентрациями](#) паровой (y^*) и жидкой (x) фаз. Для определения n_T на графике строят (см. Массообмен) ступенчатую [линию](#) между равновесной кривой $y^* = \varphi(x)$ и ломаной [линией](#) ABC. [Линия](#) АВ отвечает ур-нию (3), [линия](#) ВС— ур-нию (2). В представленном примере для разделения исходной смеси на дистиллят состава x_D и остаток состава x_W требуется по 3 ТТ в укрепляющей и исчерпывающей частях колонны. Более точный метод расчета составов дистиллята и остатка при известном числе ТТ основан на последоват. вычислении составов [пара](#) и [жидкости](#) на каждой тарелке с

использованием ур-ний рабочих линий и теплового баланса. Учитываются также изменения потоков по высоте колонны вследствие неравенства теплот испарения компонентов. Из рис. 2 следует, что p_T определяется положением рабочих линий в обеих частях колонны, к-рое, в свою очередь, зависит от R . На рис. 3 изображено неск. положений рабочих линий, однако существуют два предельных положения: первое-линии СВ для верха и АВ для низа колонны, второе-линии СВ₂ для верха и АВ₂ для низа колонны. Первый предельный случай-бесконечно большое флегмовое число ($R = \infty$; колонна работает "на себя", т. е. вся жидкость, полученная в результате полной конденсации паров в дефлегматоре, возвращается в колонну в виде флегмы; отбор дистиллята и выдача продукта не производятся, что в нормальных производств. условиях исключается; подобный режим удобен только для исследоват. целей), при этом рабочая линия совпадает с диагональю диаграммы. Отрезок $b=x_D(R+1)$, отсекаемый рабочей линией ABC на оси ординат, в соответствии с ур-нием (2) равен нулю и, следовательно, изменение рабочих концентраций отвечает ур-нию $y = x$, т. е. составы пара и жидкости равны в каждом сечении колонны. Второй предельный случай-рабочие линии пересекают равновесную кривую $y^*=\varphi(x)$ в точке В₂. R возможна, но поскольку в точке В₂ движущая сила равна нулю ($y^* = y$), для проведения процесса потребуется колонна с бесконечно большой пов-стью фазового контакта, работающая при миним. флегмовом числе. Положение рабочих линий СВ₁ и В₁А соответствует эксплуатации колонн в производств. условиях. Точка В₁ может приближаться к верх. пределу В₂ либо к ниж. пределу В; при этом флегмовое число, при к-ром функционирует колонна, или рабочее флегмовое число ($R_{\text{раб}}$), изменяется от $R_{\text{мин}}$ до $R = \infty$. С уменьшением R снижается расход теплоты на испарение жидкости в кубе колонны, однако уменьшается движущая сила, что приводит к необходимости увеличивать высоту колонны, т.е. к росту капитальных затрат. Оптим. флегмовое число следует определять на основе техн.-эконо-мич. расчетов. С известным приближением $R_{\text{опт}}$ можно найти графически, исходя из зависимости затрат Z на R от R (рис. 4). Эксплуатац. расходы увеличиваются прямо пропорционально R ; кривая капитальных затрат имеет минимум, т.к. с возрастанием R уменьшается высота колонны, но увеличивается ее сечение; кривая суммарных затрат на R также имеет минимум, к-рый отвечает $R_{\text{опт}}$.

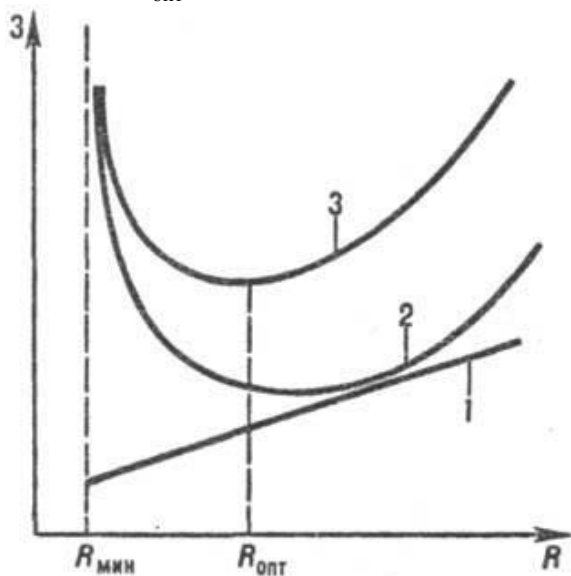


Рис. 4. К определению оптимального флегмового числа: 1-эксплуатац. расходы; 2-капитальные затраты; 3-общие затраты на ректификацию.

Выбор рабочего флегмового числа часто проводят приближенно по ф-ле: $R_{\text{раб}} = \varphi R_{\text{мин}}$, где $\varphi = R_{\text{раб}}/R_{\text{мин}}$ -коэф. избытка флегмы (обычно не превышает 1,05-1,5). При отсутствии данных о φ для разделяемых смесей можно применять эмпирич. зависимость: $R = 1,3R_{\text{мин}} + 0,3$. Более точный метод расчета $R_{\text{опт}}$ предполагает знание приведенных затрат и учет

расходов, связанных с подачей сырья и подводом теплоты в колонну и организацией ее орошения, а также стоимость колонны и вспомогат. оборудования.

При расчете насадочных аппаратов (обычно графически или аналитически) определяют число ТТ, необходимых для заданного разделения, и высоту насадки, эквивалентную по эффективности одной ТТ (ВЭТТ). Последнюю находят, как правило, по опытным данным или эмпирич. ур-ниям. Более строгий метод расчета основан на использовании ур-ний массо- и теплопереноса. В последнее время было установлено, что перенос ЛЛК из жидкости в пар связан как с диффузией, так и с теплообменом между паром и жидкостью. В любом сечении колонны т-ра пара выше т-ры жидкости, поэтому вследствие воздействия теплового пото-ка часть жидкости испаряется и примерно такое же кол-во пара конденсируется. Содержание ЛЛК в образующемся паре, естественно, выше, чем в жидкости, а содержание в ней ЛЛК после конденсации пара ниже, чем в паровой фазе. Т. обр., в результате испарения и конденсации возникает дополнит. конвективный поток ЛЛК из жидкости в пар за счет термической Р.

Периодическая Р. (рис. 5). В куб колонны загружают определенное кол-во подлежащей разделению смеси, где она нагревается до т-ры кипения и испаряется. Образующиеся пары проходят через колонну, взаимодействуя в противотоке с жидкостью, поступающей из дефлегматора. В нем конденсируются выходящие из колонны богатые ЛЛК пары, направляемые далее в делитель потоков. Часть конденсата (флегма) поступает обратно в колонну, др. часть (дистиллят)-через холодильник в один из сборников.

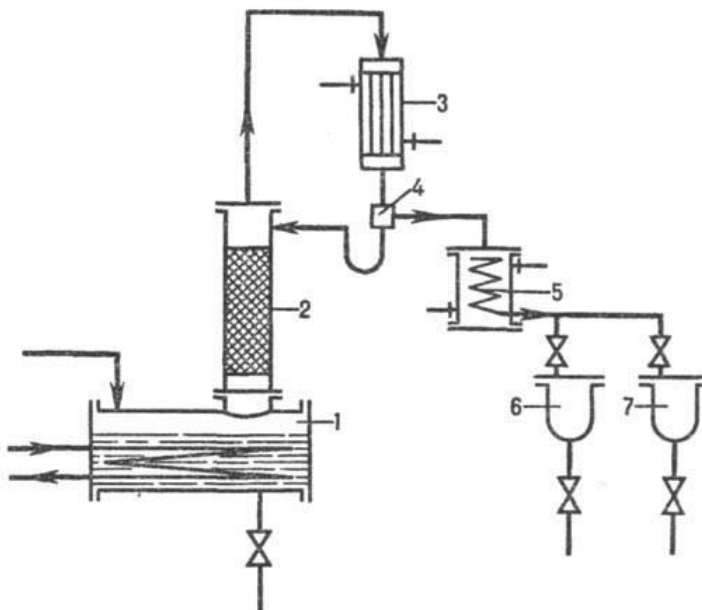


Рис. 5. Ректификационная установка периодич. действия: 1 -куб; 2-колонна; 3-дефлегматор; 4-делитель потоков; 5-холодильник; 6, 7-сборники.

Установки для периодической Р. подразделяются на агрегаты, работающие при постоянном флегмовом числе, и агрегаты, функционирующие при переменном R и постоянном составе дистиллята. Наиб. широко распространены в пром-сти установки первого типа. Для этого случая изменение составов кубовой жидкости и дистиллята показано на рис. 6. В начале Р. концентрация ЛЛК в кубовой жидкости равна x_F , а в дистилляте- x_D . По мере течения процесса концентрация ЛЛК в кубе будет уменьшаться и принимать значения x_1, x_2 и т. д. Соотв. понизятся концентрации ЛЛК в дистилляте, принимая значения x'_D, x''_D и т.д. В результате будет получен дистиллят среднего состава в пределах x_D-x_{DW} и остаток в кубе состава x_W . Из рис. 6 следует, что при $R = \text{const}$ наклон всех рабочих линий, равный $R/(R-1)$, не зависит от концентрации ЛЛК, поэтому линии смещаются параллельно своему первонач. положению.

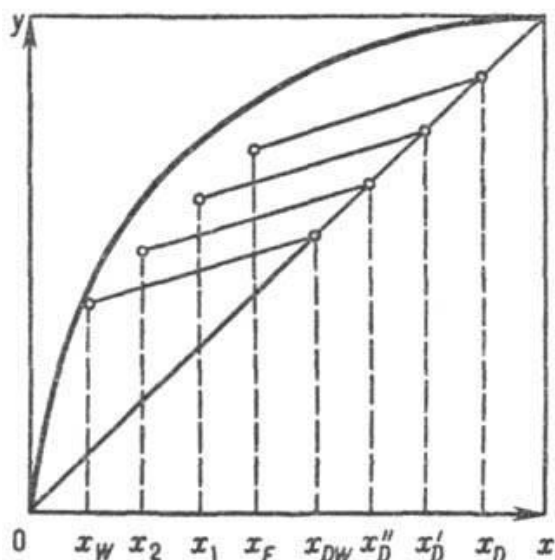


Рис. 6. Рабочие линии периодической ректификации с постоянным флегмовым числом.

если известна зависимость между составами кубовой жидкости и дистиллята. При постоянном составе дистиллята, переменном R и известной его зависимости от концентрации ЛЛК графич. интегрированием можно найти среднее флегм-овое число.

Азеотропная Р. Для нек-рых бинарных смесей кривые равновесия $y^* = \varphi(x)$ при определенных условиях пересекают диагональ y - x -диаграммы; в точке пересечения составы пара и жидкости одинаковы (азеотропная смесь), вследствие чего подобные смеси обычной Р. разделить невозможно. Поэтому к исходной смеси добавляют р-ри-тель-т.наз. разделяющий агент, образующий с одним из компонентов азеотропную смесь, к-рая при Р. выделяется в виде дистиллята; кубовая жидкость представляет собой высококипящий компонент с миним. содержанием разделяющего агента. Однако его выделение из азеотропной смеси (дистиллята) затруднено. Один из методов, позволяющий осуществить рецикл р-рителя, заключается в применении таких разделяющих агентов, к-рые обладают ограниченной взаимной р-римостью в компонентах, отбираемых в виде дистиллята. При этом благодаря его расслаиванию в разделит. сосуде слой, обогащенный ЛЛК, поступает в среднюю часть регенерац. колонны, откуда в результате Р. в виде кубового продукта отбирается ЛЛК исходной смеси, а в виде дистиллята-азеотроп, направляемый в разделит. сосуд (рис. 7).

Экстрактивную Р. используют обычно для разделения смесей близкикопящих компонентов, характеризующихся низкой относит. летучестью а. Разделение таких смесей приходится проводить в колоннах с очень большим числом ТТ и высоким расходом пара из-за необходимости поддерживать большое R . Однако если к исходной смеси добавить практически нелетучий разделяющий компонент, способный повысить φ осн. компонентов, разделение можно осуществить в двух ректификац. колоннах. На одну из верх. тарелок первой колонны подается разделяющий агент, к-рый раств. в потоке флегмы и повышает а смеси, в результате чего в виде дистиллята выделяется ЛЛК, а в виде остатка-смесь ТЛК и разделяющего агента. Эта смесь направляется в середину второй колонны, где, в свою очередь, разделяется на ТЛК (дистиллят) и остаток (разделяющий агент), к-рый возвращается в первую колонну.

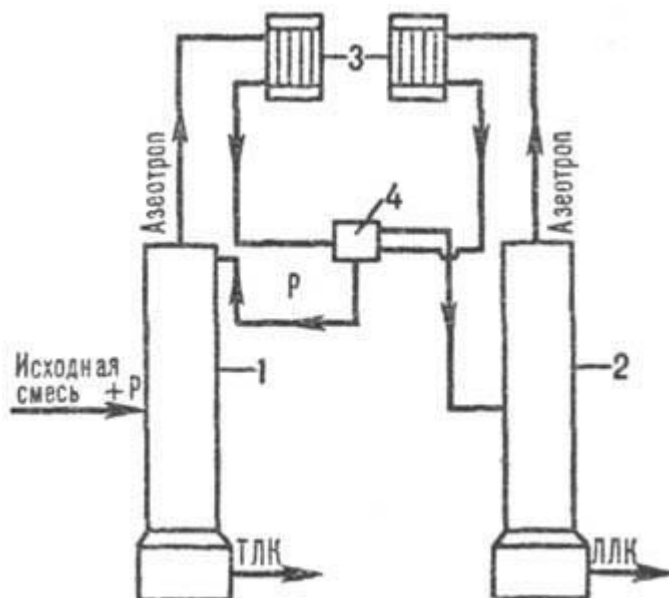


Рис. 7. Установка для азеотропной ректификации: 1 -ректификац. колонна; 2-регенерац. колонна; 3-дефлегматор; 4-разделит. сосуд; P-разделяющий агент.

Методы азеотропной и экстрактивной Р. находят широкое применение для разделения близкикипающих углеводородов нефти и сжиженных прир. газов, жидких смесей в произ-ве жирных к-т, получения безводного этилового спирта и др.

Синтез технологических схем разделения. Для разделения n -компонентной смеси требуется $n - 1$ колонн, однако число возможных вариантов технол. схем с расчетом числа продуктов и способов их получения увеличивается экспоненциально. На рис. 8 показано, что для разделения смеси компонентов ABCD, расположенных в порядке возрастания т-р кипения, возможны 5 вариантов схем деления; для смеси из 10 компонентов число возможных схем составляет 4862.

Синтез оптим. схем разделения-сложная проблема теории Р. Постановка задачи включает перечень продуктов разделения и требования к ним по составу целевых компонентов и примесей. При синтезе наиб. оптимальной схемы разделения вначале нужно провести анализ физ.-хим. св-в компонентов исходной смеси, условий фазового равновесия в многокомпонентной системе, теплового баланса схемы, позволяющей выявить потенц. источники и стоки энергии, и затем приступить к созданию вариантов схемы разделения.

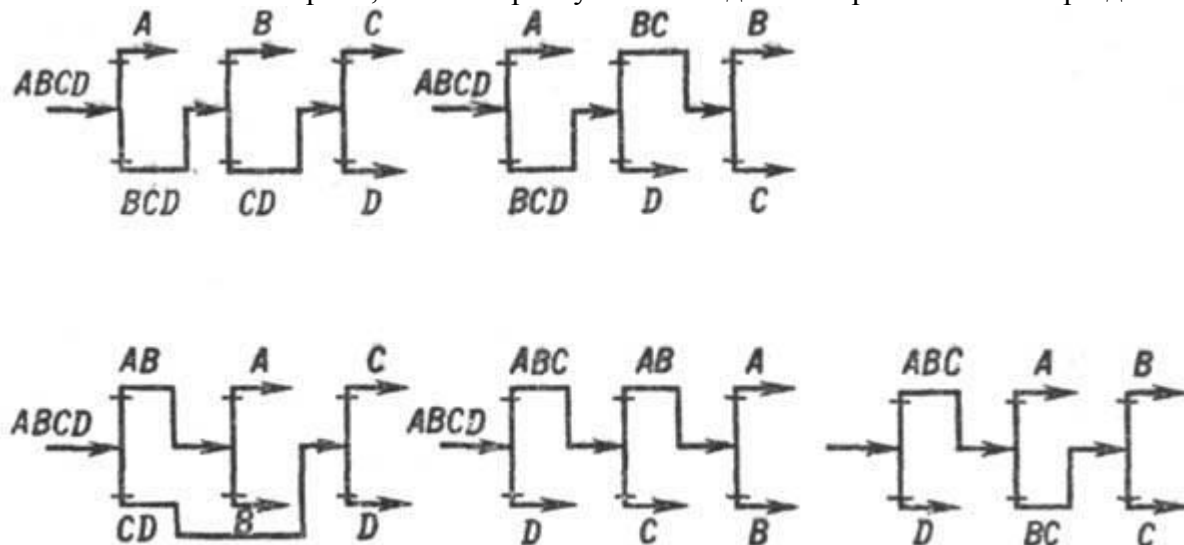


Рис. 8. Возможные варианты схем разделения компонентов смеси ABCD.

На основе [анализа фазовых](#) равновесий выясняется принципиальная возможность разделения и выявляются ограничения, обусловленные, напр., образованием азеотропов и наличием близкокипящих компонентов. В этом случае возникает необходимость применения азеотропной или экстрактивной Р. Эксплуатац. затраты, связанные с расходом энергии, могут достигать при Р. 70% общей стоимости разделения, поэтому при [проектировании](#) надо решать задачу рационального сочетания флегмового числа, от к-рого зависит расход энергии, и числа ТТ, т.е. высоты колонны, определяющей капитальные затраты. Оптим. схема разделения должна отвечать минимуму затрат. При выборе схемы, состоящей из ряда колонн, снижение энергетич. затрат возможно за счет рекуперации тепловых потоков благодаря различию т-р [кипения](#) продуктов разделения (напр., высококипящие компоненты можно использовать для подогрева низкокипящих).

Большая экономия энергии м. б. достигнута путем применения схемы с тепловым [насосом](#) (рис. 9). В данном случае [пары](#) дистиллята, выходящие из колонны, сжимаются компрессором до [давления](#), соответствующего требуемой т-ре его [конденсации](#) в кубе колонны; при этом отпадает необходимость в дефлегматоре и сокращаются расходы [пара](#) и [воды](#). С целью экономии капитальных затрат иногда выгодно использовать вместо неск. простых колонн одну сложную колонну с отпарными секциями (см. ниже) и боковыми отборами отдельных фракций. Такие колонны используют при разделении углеводородных [газов](#) и переработке [нефти](#).

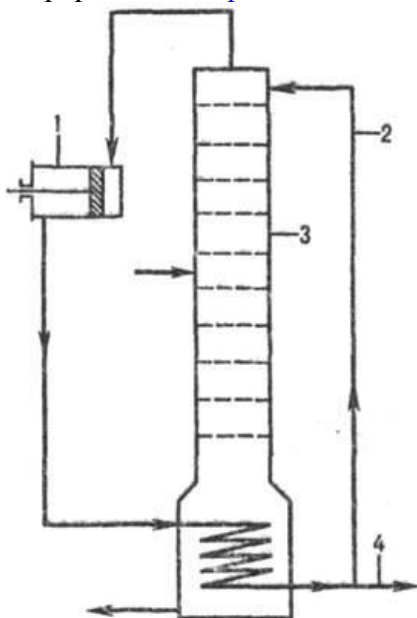


Рис. 9. Установка с тепловым [насосом](#): 1-колонна; 2-компрессор; 3— флегма; 4-дистиллят.

Лит.: Коган В. Б., Азеотропная и экстрактивная [ректификация](#), 2 изд., Л., 1971; Касаткин А. Г., Основные процессы и аппараты химической технологии, 9 изд., М., 1973, с. 496-546; Багатуров С. А., Основы теории и расчета [перегонки](#) и [ректификации](#), 3 изд., М., 1974; Жаров В. Т., Серафимов Л. А., Физико-химические основы [дистилляции](#) и [ректификации](#), Л., 1975; Александров И. А., Массопередача при [ректификации](#) и [абсорбции](#) многокомпонентных смесей, Л., 1975; Кафаров В. В., Основы массопередачи, 3 изд., М., 1979; Гсльперин Н. И., Основные процессы и аппараты химической технологии, кн. 2, М., 1981, с. 513-59; Петлюк Ф. Б., Серафимов Л. А., Многокомпонентная [ректификация](#). Теория и расчет, М., 1983. В. А. Малюсов.

http://www.alco.ru/service/alc_fals.htm

Типы контактных устройств ректификационных колонн.

В промышленности для проведения процесса ректификации используют два типа колонн:

- тарельчатые, в которых контактные устройства выполнены в виде тарелей, расположенных на определенном расстоянии друг от друга;
- насадочные, в которых контактные устройства заполняют практически весь объем колонны.

Конструкции тарелок весьма разнообразны, часть из них стандартизована. Выбор типа тарелки определяется видом смеси, производительностью колонны, требованиями по степени ректификации, качеству разделяемых компонентов (фракций) и т. п. Тарельчатые колонны используются, как правило, в крупнотоннажных производствах.

В тарельчатых КУ интенсификация процесса тепломассообмена между взаимодействующими жидкой и паровой фазами обеспечивается, в основном, за счет максимально возможного увеличения относительной скорости движения фаз. (Предельная интенсивность процесса достигается при турбулизации двухфазной системы, однако в традиционных конструкциях тарелок достичь турбулентного течения не удастся из-за ограничений по скорости паровой фазы, обусловленных "захлебыванием" колонны и недопустимо высокими потерями давления в КУ).

Средний уровень КПД тарелок, применяемых в настоящее время, составляет 50-70%.

Насадочные колонны приобретают все более широкое распространение в последние годы. Используемые в них насадки также весьма разнообразны по конструкции и применяемому материалу. Насадочные КУ имеют высокую эффективность, хорошие массовые характеристики, однако, как правило, с ростом диаметра колонны их эффективность резко падает, а некоторые типы насадков, например, спирально-призматические, теряют работоспособность уже при диаметре колонны 100 мм. Кроме того, они, как правило, дороже тарельчатых. Поэтому насадочные колонны обычно используются в малотоннажном производстве (исключение составляют насадки Зульцера, Спрейпак, складчатые сетчатые кубики, сохраняющие конкурентоспособность с тарелками и при больших диаметрах колонн).

В насадочных контактных устройствах, в отличие от тарельчатых КУ, процесс тепломассообмена осуществляется не за счет организации интенсивного перемешивания взаимодействующих фаз, а за счет увеличения поверхности границы раздела фаз. Для этого используются пористые, сетчатые и тому подобные материалы с большой удельной поверхностью. Например, у насадки Зульцер в 1 м³ объема площадь контакта (общая поверхность насадки) достигает порядка 400...500 м².

Критерии сравнения контактных устройств.

При выборе того или иного типа контактного устройства (КУ) учитывают такие показатели, как:

- производительность — пропускная способность;
- расстояние между тарелками при отсутствии брызгопереноса с тарелки на тарелку (высота единицы переноса для насадочных КУ);
- эффективность при разных рабочих нагрузках;
- диапазон рабочих нагрузок при высокой эффективности;
- гидравлическое сопротивление КУ (перепад давления на КУ) в диапазоне рабочих нагрузок;
- склонность КУ к засорению и к отложениям полимеризующихся жидкостей;
- простота конструкции, проявляющаяся в трудоемкости изготовления, монтаже, ремонте;
- металлоемкость.

Комплекс этих показателей определяет габаритно-массовые, энергетические, экономические характеристики ректификационных колонн, и, в конечном итоге, инвестиционные и эксплуатационные затраты всего производственного цикла ректификации.

Осуществлять выбор того или иного типа колонны, используя такое количество показателей - задача весьма трудоемкая. Особенно сложно производить выбор рационального типа КУ, проводя сравнение между тарельчатыми и насадочными колоннами, поскольку в литературных источниках по этим колоннам различаются и системы показателей и удельные характеристики КУ.

Мы предлагаем для качественного сравнения различных конструкций контактных устройств воспользоваться критериями, в основе которых лежит понятие единицы переноса (ЕП):

$G_{\text{ном}}$ — номинальная нагрузка по пару ($\text{кг}/\text{м}^2 \cdot \text{час}$);

ВЕП — высота единицы переноса в колонне (мм);

$\Delta P_{\text{ЕП}}$ — перепад давления на единице переноса (мбар);

$M_{\text{ЕП}}$ — масса единицы переноса при паровой нагрузке $1 \text{ кг}/\text{час}$ ($\text{г}/\text{кг} \cdot \text{час}$).

В тарельчатых колоннах обычно используется эквивалентное единице переноса понятие теоретической тарелки (ТТ):

$$\text{ВЕП} = H_{\text{ТТ}} = H_{\text{ТФ}} / \eta_{\text{Т}},$$

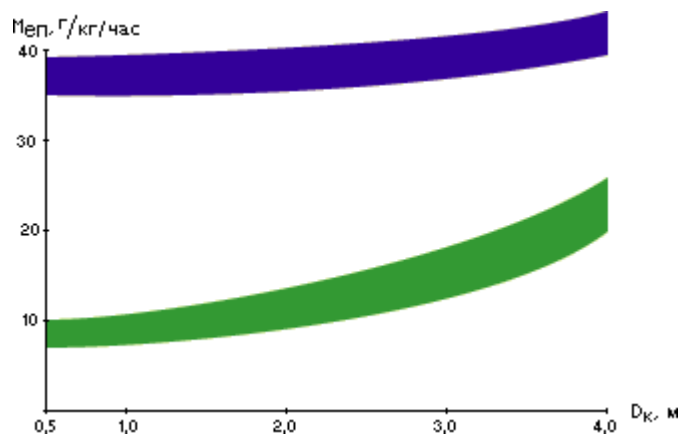
где: $H_{\text{ТТ}}$ — высота теоретической тарелки; $H_{\text{ТФ}}$ — фактическое расстояние между тарелками в колонне; $\eta_{\text{Т}}$ — КПД тарелки.

$$\Delta P_{\text{ЕП}} = \Delta P_{\text{ЕПФ}} / \eta_{\text{Т}}; M_{\text{ЕП}} = M_{\text{ЕПФ}} / \eta_{\text{Т}},$$

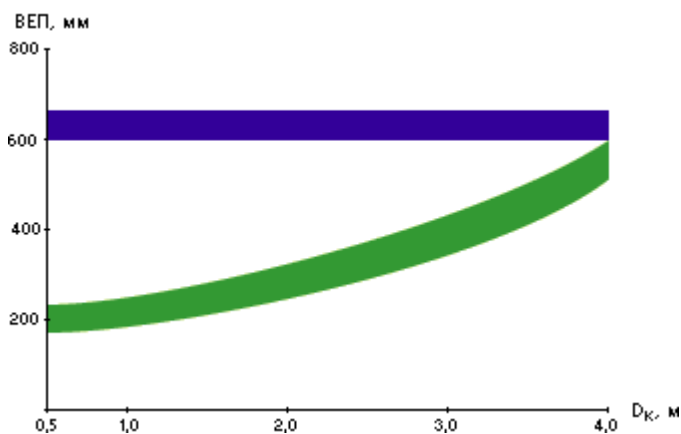
где: $\Delta P_{\text{ЕПФ}}$ и $M_{\text{ЕПФ}}$ - перепад давления на тарелке и масса тарелки в колонне, соответственно.

В качестве иллюстрации предлагаемого метода сравнения на графике приведены уровни величин критериев для двух видов контактных устройств — традиционных тарелок колпачкового типа и одного из наиболее эффективных насадочных КУ — насадки Зульцера.

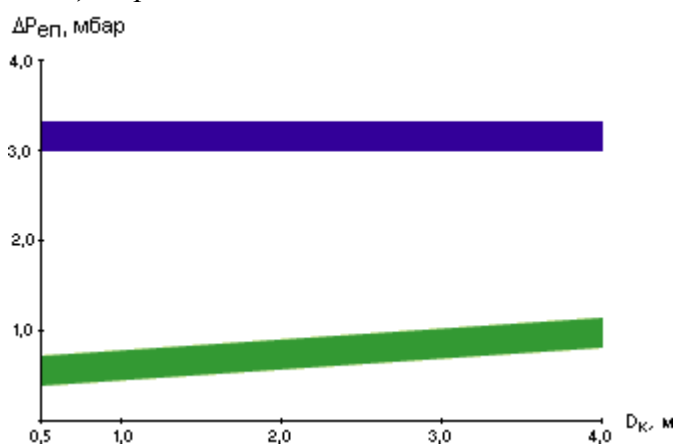
Удельная масса контактного устройства на единице переноса в зависимости от диаметра колонны:



Высота единицы переноса в зависимости от диаметра колонны:



Перепад давления на единицу переноса:



- Колпачковая тарелка, номинальная производительность по пару ($G_{п\text{ ном}}$) — $3600 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{час}$, металлоемкость — 75 кг/м^2 ;
- Насадка Зульцер, $G_{п\text{ ном}}$ — $6600 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{час}$, плотность — 250 кг/м^3 ;

Как видно, для тарельчатых КУ величины ВЕП и $\Delta P_{\text{еп}}$ практически не зависят от диаметра ректификационной колонны. Дело в том, что в КУ такого типа высота тарелки и перепад давления на ней в основном определяются паровой нагрузкой и свойствами разделяемой смеси. Слабый рост $M_{\text{еп}}$ обусловлен необходимостью упрочнения конструкции тарелки с ростом ее диаметра.

В то же время габаритно-массовые характеристики насадочных КУ с ростом диаметра колонны заметно ухудшаются, что связано с использованием специальных устройств, обеспечивающих равномерное распределение флегмы по сечению колонны.

Начиная с диаметра колонны 3 м габаритно-массовые параметры насадочных КУ начинают сближаться с соответствующими параметрами тарельчатых КУ.

Тем не менее, по всему комплексу критериев насадочные КУ (в частности, насадки Зульцера) имеют существенно лучшие характеристики, чем традиционные тарельчатые КУ:

- по паровой нагрузке — выше на $\sim 80 \%$;
- по высоте единицы переноса — ниже в 1,5...3 раза;
- по перепаду давления — меньше в 4...8 раз.

Однако следует учитывать, что насадки значительно дороже тарелок и сложнее в эксплуатации.

Представленные здесь результаты имеют качественный характер и в каждом конкретном случае требуют уточнений. И все же тарельчатые КУ, обладающие хорошими экономическими и эксплуатационными характеристиками, еще не исчерпали своих возможностей по значительному улучшению гидравлических, габаритных и массовых параметров. Об этом свидетельствуют результаты разработок нашей фирмы конструкций тарелок с вихревыми ячейками ([подробнее о новом классе контактных устройств](#)).

<http://www.izobretatel.msk.ru/ideas/rectif/tarelki/process.php>